



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Validación de clones de yuca (*Manihot
esculenta Crantz*) provenientes de zonas
indígenas de localidades rurales de Bluefields
para la obtención de harina y fécula

Autores

Br. Brian Steven Suarez Medina
Br. Kendry Danessly Murillo González

Asesores

MSc. José Leonardo Rodríguez Benavides
MSc. Karla Elisabeth Dávila

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agroindustria de los Alimentos

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Agroindustria de los Alimentos

Miembros del Comité Evaluador

Ing. María Nelly Salazar
Presidente

MSc. Tomasa Delfina Hernández
Secretaria

MSc. Jorge Gómez Martínez
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 24 de noviembre de 2025

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación primeramente a nuestro buen padre Dios, creador de todo lo visible y lo invisible, por haberme permitido el don de la vida y brindado la sabiduría, salud y fuerzas necesarias para superar los obstáculos y sobre todo por todas las bendiciones recibidas a lo largo de este proceso.

A mis padres: **Lea Marina Medina González** y **Marvin Ramón Suarez Trujillo** por haberme acompañado y apoyado incondicionalmente en esta etapa de superación en la vida, brindándome con sus arduos sacrificios lo necesario para poder llegar a donde estoy y ser quien soy hoy en día.

A mis hermanos: **Magger de Jesús Suarez Medina** y **Jeffrey Alec Suarez Medina**, por haberme apoyado todo este tiempo y haberme dado aliento para seguir luchando por mis sueños, por estar conmigo siempre y por qué han creído en mí aun cuando llegue a dudar de mis habilidades.

A mis abuelos especialmente a **Lorenzo Antonio Medina López** (q.e.p.d) quienes me enseñaron, guiaron y aconsejaron por el buen camino y sobre todo a respetar a nuestro buen padre Dios misericordioso y a todo lo creado por él.

A mis amigos a quienes estimo como parte de la familia y tengo mucho respeto: **Jannell Misael Moraga Vivas** y **Alexander Enrique Bejarano**, quienes han sido mi apoyo siempre en todo momento, por enseñarme sobre la vida y su transitorio cambio, por escucharme, acompañarme y corregirme, ayudándome a levantarme en mis caídas y aprender a ver los errores como una oportunidad de cambio tanto personal como profesional.

Br. Brian Steven Suarez Medina

DEDICATORIA

Dedico, primeramente, a Dios todo poderoso porque estoy convencida que cada logro alcanzado a lo largo de mi vida no es más que el reflejo de su infinito amor y de las bendiciones que tuvo para mí en todo momento.

A mi hermosa madre, **Mirna González** quien se dedicó en cuerpo y alma a mi formación personal y profesional, su amor y comprensión y su sabiduría ha hecho de mi un ser humano dotado de valores, mismos que me han permitido enfrentar cada reto que se me ha presentado.

A mi hermana, **Keith González** quien ha sido mi compañera y fiel amiga, mi apoyo incondicional en este camino de aprendizajes para luchar y lograr nuestras metas.

A mis abuelos, a quienes estimo mucho y han sido muy importante en mi desarrollo como persona y como futura profesional, quienes me han guiado por el buen camino y brindados ánimos.

Br. Kendry Danessly Murillo González

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido de manera exitosa finalizar esta investigación y culminar mis estudios profesionales, por haberme dado la sabiduría, pero sobre todo la fortaleza para sobrellevar cada situación acontecida a lo largo de este tiempo, tanto buenas y malas experiencias en el transcurso de este proceso de formación, lo cual fue algo nuevo por aprender. *“Estén siempre alegres, oren sin cesar y den gracias a Dios en toda ocasión, esta es, por voluntad de Dios, su vocación de cristianos” (1 tesalonicenses 5: 16-18).*

A los productores de la **Escuela Técnica Campesina Sebas Parra**, a la **Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador**, a los profesores **Ing. Luis Obando, Luis Irías y MSc. Evert Herrera** por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional, apoyando en todo momento durante este retador y largo proceso investigativo. Sus disposiciones para ayudarme han sido fundamentales para la culminación de esta investigación.

De manera especial, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis asesores, **MSc. José Leonardo Rodríguez Benavides** y **MSc. Karla Elisabeth Dávila**, quienes, con su experiencia, comprensión, y paciencia contribuyeron a mi formación en el complejo y gratificante camino de la investigación. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a mejorar como persona y como profesional. No tengo palabras para expresar mi gratitud por su inmenso apoyo.

A mi compañera de tesis **Kendry Murillo** y mis amistades **Wilber Ortiz, Robin Reyes, Rolando Mendieta, Oslan Orozco, Jarel Cuevas, Roberto Medina** y a quienes estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo y confianza han sido invaluable, cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra en mi crecimiento personal y profesional.

Br. Brian Steven Suarez Medina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso porque estoy convencida que cada logro alcanzado a lo largo de mi vida no es más que el reflejo de su infinito amor.

A los productores de la RACCS de la **Escuela Técnica Campesina Sebas Parra**, a la **Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador**, por ayudarnos en esta investigación y estar siempre a disposición de nuestras solicitudes, su esfuerzo sirvió de gran apoyo para realizar esta investigación.

Al sacerdote **Pbro. Simeón Amador**, por sus consejos los cuales me han ayudado hasta el día de hoy a permanecer fuerte ante las adversidades que se presentaron en mi día a día durante este proceso.

De manera especial a mis asesores, **MSc. Karla Elisabeth Dávila**, **MSc. José Leonardo Rodríguez Benavides**, por su guía, disponibilidad, confianza tiempo y animo constante dedicado en esta investigación.

Br. Kendry Danessly Murillo González

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Antecedentes	4
3.2 Generalidades del Rubro de la yuca	5
3.3 Generalidades de la harina	7
3.3.1 Harinas Sucedáneas	8
3.3.2 Composición nutricional de la harina de yuca	9
3.4 Generalidades de los Almidones	9
3.4.1 Composición química de Almidones empleados en la industria alimentaria	10
3.4.2 Fécula de yuca	10
3.4.3 Requerimientos fisicoquímicos del almidón de yuca	11
3.5 Análisis microbiológico	11
3.6 Análisis fisicoquímico	12
3.7 Análisis granulométrico	12
3.8 Costo unitario estimado de producción	13
3.8.1 Elementos de costos de producción	13

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Ubicación del estudio	14
4.2 Diseño metodológico	15
4.2.1 Determinación de características biométricas y microbiológicas de clones de yuca identificados.	16
4.2.2 Evaluación del rendimiento de harina y fécula a escala de laboratorio de clones de yuca identificados.	19
4.2.3 Valoración de propiedades fisicoquímicas y rendimiento de muestras de harinas y féculas, tomando como referencia las normativas CODEX STAN CXS 176-1989 y propuesta de Norma CD-ARS-846-2014.	23
4.2.4 Estimación de costo unitario de harina y fécula a escala de laboratorio.	24
4.3 Variables evaluadas	24
4.3.1 Factores de estudio	25
4.3.2 Tratamientos evaluados	25
4.4 Análisis de datos	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1 Características biométricas y microbiológicas de los clones de yuca identificados.	28
5.2 Rendimiento de producción de harina y fécula a escala de laboratorio de los clones de yuca identificados	36
5.3 Propiedades fisicoquímicas de muestras de harinas y féculas	39
5.4 Estimación de costo unitario de producción de muestra con mayor rendimiento de harina y fécula	44
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. LITERATURA CITADA	50
IX. ANEXOS	56

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Valor nutricional de la yuca	7
2. Composición nutricional de la harina de yuca	9
3. Composición química de almidones empleados en la industria alimentaria	10
4. Codificación de muestras por códigos ID	17
5. Recodificación y descripción de tratamientos del estudio	25
6. Características biométricas de longitud y diámetro de las muestras de yucas	30
7. Rendimiento de la porción comestible de las muestras de yuca en harina	31
8. Porción aprovechable de muestras de yuca para transformación en fécula.	31
9. Recuento de mohos y levaduras en UFC/g en clones de yuca	33
10. Características químicas de las muestras de yuca	35
11. Resumen resultados rendimiento de harina y fécula mediante procedimientos ANOVA y GLM	37
12. Contenido de materia seca en muestras de harina	38
13. Contenido de humedad en muestras de harina	38
14. Contenido de Cenizas totales en muestras de harinas	39
15. Contenido de Fibra cruda en muestras de harinas	40
16. Contenido de materia seca en muestras de fécula	42
17. Contenido de humedad en muestras de fécula	43
18. Contenido de cenizas totales en muestras de fécula	43
19. Contenido de fibra en muestras de fécula	44

20.	Costo unitario de producción de muestra de mayor rendimiento en fécula	45
21.	Costo unitario de producción de muestra con mayor rendimiento en harina	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Corte transversal de una raíz de yuca	7
2.	Ubicación de Escuela técnica campesina “Sebas Parras” y Comunidad Santa Elisa – Bluefields Fuente: Google Earth	16
3.	Ubicación de los laboratorios de Agroindustria de los alimentos, microbiología y fisiología vegetal. Fuente: Google Earth	16
4.	Contenido de almidón en muestras de yuca	37
5.	Diagrama de proceso de elaboración de harina de yuca	38
6.	Diagrama de proceso de elaboración de fécula de yuca	39

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Formato de recolección de datos para identificación de clones de yuca.	64
2.	Formato de inspección preliminar y recolección de datos de características biométricas de muestras de clones de yuca.	65
3.	Formato de monitoreo de deshidratación de muestras de harina y fécula	66
4.	Análisis estadístico Proc GLM en software SAS para rendimiento de fécula y harina	67
5.	Análisis estadístico Proc ANOVA en software InfoStat versión gratuita 2014 para rendimiento de Harina.	72
6.	Análisis estadístico Proc ANOVA en software InfoStat versión gratuita 2014 para rendimiento de fécula.	73
7.	Resultados del análisis químico de las muestras de yuca sin procesar	75
8.	Análisis de contenido de almidón en muestras de yuca	76
9.	Análisis químico de producto terminado (muestras de fécula y harina)	77
10.	Encuestas llenadas con productores de la escuela campesina “Sebas Parras”	78
11.	Estimaciones de elementos del costo unitario de la muestra de harina y fécula	82

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y rendimiento de harina y fécula elaboradas a partir de cinco clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) identificados a escala de laboratorio en zonas indígenas de localidades rurales de Bluefields de la Región Autónoma Costa Caribe Sur (RACCS) de Nicaragua. En el estudio se llevó a cabo una recolección de datos en la comunidad de Santa Elisa, mientras que los análisis de laboratorio se realizaron en la Universidad Nacional Agraria (UNA). Se determinaron las características biométricas y microbiológicas de los clones sin procesar, reportándose longitudes de raíz 19 a 48 cm y diámetros de 4,3 a 7,2 cm. Se reportaron recuentos de mohos y levaduras superiores al límite técnico permitido en la literatura consultada (5.0×10^3), atribuibles a la limitada vida útil postcosecha de las muestras de yuca. Este hallazgo permitió sustentar propuestas de mejora orientadas a reforzar la inocuidad de la materia prima antes del procesamiento. Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (cinco clones x dos niveles de madurez fisiológica), con cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas incluyeron parámetros morfométricos (longitud, diámetro y porción aprovechable) y rendimiento de los productos (harina y fécula). El análisis estadístico se realizó mediante los softwares SAS e InfoStat versión estudiantil. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). El clon Señorita con madurez superior a diez meses (T10) registró el mayor rendimiento en harina (40 %) y fécula (18 %) a partir de una muestra estándar de 150 g de materia prima útil. Adicionalmente, Las propiedades fisicoquímicas de los productos elaborados cumplieron con los requisitos establecidos por las normas CODEX STAN CXS 176-1989 y CD-ARS 846-2014. Los hallazgos evidencian el potencial agroindustrial de los clones evaluados, proponiendo al clon Señorita como la alternativa más viable para su transformación a escala, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y al desarrollo socioeconómico local.

Palabras clave: agroindustria, rendimiento, comunidades, almidón, harina, yuca, estimación

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physicochemical quality and yield of flour and starch produced from five cassava clones (*Manihot esculenta* Crantz) identified at laboratory scale in indigenous areas of rural towns in Bluefields, in the South Caribbean Coast Autonomous Region (RACCS), Nicaragua. Data was collected in the community of Santa Elisa, while laboratory analyses were performed at the National Agrarian University (UNA). The biometric and microbiological characteristics of the unprocessed clones were determined, with root lengths ranging from 19 to 48 cm and diameters ranging from 4.3 to 7.2 cm. Mold and yeast counts were reported to be higher than the technical limit allowed in the literature (5.0×10^3), which may be attributed to the limited postharvest shelf life of the cassava samples. This finding supported proposals for improvements aimed at strengthening the safety of the raw material before processing. A completely randomized design (CRD) with a factorial arrangement (five clones x two levels of physiological maturity) was used, with four replications per treatment. The variables evaluated included morphometric parameters (length, diameter and usable portion) and product yield (flour and starch). Statistical analysis was performed using SAS and InfoStat student version software. The results showed significant differences between treatments ($p < 0.05$). The Señorita clone, with a maturity greater than ten months (T10), recorded the highest yield of flour (40%) and starch (18%) from a standard sample of 150g of usable raw material. Additionally, the physicochemical properties of the processed products met the requirements established by CODEX STAN CXS 176-1989 and CD-ARS 846-2014 standards. The findings demonstrate the agroindustrial potential of the evaluated clones, suggesting the Señorita clone as the most viable alternative for large-scale processing, thus contributing to food security and local socioeconomic development.

Key words: Agroindustry, Yield, Communities, Starch, Flour, Cassava, Estimation

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua posee una notable riqueza agroecológica que le confiere un alto potencial para el desarrollo de su agroindustria local. No obstante, diversos cultivos de importancia, como la yuca, continúan siendo sub aprovechados. Este tubérculo ampliamente cultivado en distintas regiones del país principalmente en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte y Sur, así como en los departamentos de León, Masaya, Rio San Juan, Matagalpa y Jinotega, se comercializa mayoritariamente como materia prima sin valor agregado, lo que limita su valorización económica. Así mismo, los excedentes generados por sobreproducción suelen destinarse al autoconsumo o a la alimentación animal, ocasionado pérdidas económicas para los pequeños productores.

La yuca constituye un rubro estratégico por su contribución a la seguridad alimentaria, su potencial para la agro transformación y su capacidad de generar ingresos sostenibles para los pequeños y medianos productores, diversos estudios han destacado su valor industrial en la obtención de aditivos funcionales y materias primas para la industria alimentaria, así como una alta factibilidad técnica de su aprovechamiento agroindustrial Hernández et al (2008).

Sin embargo, persiste una brecha significativa entre la producción primaria y las oportunidades de transformación y comercialización. En este sentido Guzmán y Castellón (2010) señalan que el limitado aprovechamiento Agroindustrial en Nicaragua está asociado a restricciones estructurales, tales como el acceso limitado al financiamiento, deficiencias en los sistemas productivos, debilidades organizativas y tecnológicas, así como una escasa articulación entre productores y pequeñas agroindustrias rurales. (pp. 8, 9)

Estas limitaciones se reflejan, además, en la reducida disponibilidad de estudios comparativos a nivel nacional sobre clones locales de yuca, lo que restringe la identificación y el aprovechamiento de variedades con alto rendimiento y propiedades funcionales para la obtención de subproductos como harina y fécula.

En consecuencia, el presente estudio propone una alternativa de aprovechamiento dirigida a pequeños productores de comunidades indígenas del municipio de Bluefields (Caño maíz, El pavón, Tik Tik Kannú, San José II, La sierpe, Nueva Alianza, Docuno y Buenos Aires) mediante la evaluación de clones de yuca cultivados en la zona. Para ello, se analizaron las características mecánicas y microbiológicas de la materia prima, así como el rendimiento en la obtención de harina y fécula conforme a normativas internacionales para harina (CODEX STAN CXS 176-1989) y fécula (CD-ARS-846-2014).

Esta investigación genera información relevante para la mejora de las prácticas de manejo postcosecha y promueve el desarrollo de emprendimientos agroindustriales locales, contribuyendo a la reducción de la dependencia de insumos importados, al uso eficiente de la materia prima local y al fortalecimiento de los eslabones productivos, con impacto positivo en la seguridad alimentaria y en la dinamización de las economías rurales.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad fisicoquímica y rendimiento de harina y fécula elaboradas a partir de los clones de yuca identificados a escala de laboratorio.

2.2 Objetivos específicos

Determinar las características biométricas y microbiológicas de los clones de yuca identificados

Evaluar el rendimiento de producción de harina y fécula a escala de laboratorio de los clones de yuca identificados mediante análisis estadístico.

Valorar las propiedades fisicoquímicas de las harinas y féculas, tomando como referencia las normativas CODEX STAN CXS 176-1989 y CD-ARS-846-2014.

Estimar el costo unitario de producción de la muestra con mayor rendimiento de harina y fécula a escala de laboratorio.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Antecedentes

Osorio (2004) evaluó el uso de harina de yuca en productos de panificación como alternativa de valor agregado mediante la sustitución parcial de la harina de trigo. El estudio analizó diferentes proporciones de sustitución empleando clones de yuca, evaluando el comportamiento reológico, fisicoquímico y sensorial de los productos obtenidos. Los resultados evidenciaron una adecuada aceptabilidad del pan elaborado con sustituciones del cinco y diez por ciento, destacando el desempeño del clon MCOL-1505. Así mismo se propusieron indicadores técnico-económicos para la producción de pan con harina compuesta (trigo/yuca).

Jiménez y Martínez (2016) evaluaron la obtención y caracterización fisicoquímica del almidón de yuca de la variedad Guayape, considerando la evaluación biométrica de la raíz y el análisis de las propiedades estructurales, morfológicas y funcionales del almidón extraído. Los resultados evidenciaron que el almidón presentó propiedades adecuadas para aplicaciones alimentarias, destacando su potencial como insumo para la elaboración de jarabes ricos en glucosa, como agente espesante y estabilizante en productos que requieren estabilidad durante la refrigeración.

Aponte y Collachagua (2019) evaluaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración de galletas crocantes fortificadas con fibra, analizando diferentes niveles de incorporación y su efecto en las características sensoriales del producto. Los resultados evidenciaron que la formulación con diez por ciento de sustitución y cinco por ciento de salvado de trigo, presentó el mejor perfil sensorial y mayor contenido de fibra, demostrando la viabilidad tecnológica del uso de harina de yuca en productos de panificación con valor agregado.

Hernández y Gómez (2022) evaluaron la transformación agroindustrial del quequisque (*Xanthosoma violaceum*) para la obtención de harina y su aplicación en productos derivados como galletas y empanizador. La materia prima y la harina fueron caracterizados mediante análisis físicos y métodos estandarizados, evaluándose además la aceptabilidad sensorial de los productos elaborados. Los resultados indicaron que los derivados obtenidos presentaron buena

aceptación en comparación con los productos testigo, evidenciando el potencial de este tubérculo como alternativa para el desarrollo de subproductos con valor agregado.

Por lo antes mencionado, los antecedentes revisados demuestran el potencial tecnológico de diversos tubérculos en la obtención de subproductos con valor agregado, así como su viabilidad en aplicaciones alimentarias. No obstante, se observa una limitada disponibilidad de estudios comparativos en clones de yuca locales bajo condiciones específicas de producción en Nicaragua, lo que restringe la identificación de materiales con mejor rendimiento y propiedades funcionales.

3.2 Generalidades del Rubro de la yuca

La yuca *Manihot esculenta* Crantz pertenece a la familia Euphorbiaceae. Esta familia está constituida por unas 7,200 especies que se caracterizan por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa. Su centro de origen genético se encuentra en la Cuenca Amazónica (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 1).

De acuerdo con Aristizábal y Sánchez (2007), hacen referencia a la yuca como uno de los alimentos más importantes para la seguridad alimentaria y la economía rural:

El cultivo de la yuca tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz y es un componente básico en la dieta de más de 1 000 millones de personas (p. 13).

En este sentido Nicaragua et al. (2004), mencionan también grandes cualidades que posee este cultivo:

Además del valor económico que brindan los productos y subproductos que se obtienen de la yuca, este cultivo ofrece otras reconocidas ventajas, como la tolerancia a la sequía, capacidad de producir en suelos degradados, tolerancia a plagas y a suelos ácidos (p.4).

En relación al rendimiento, Alvarado (2009), resalta al cultivo de yuca como un gran recurso en tiempos de escases de alimentos, ya que “La yuca es un cultivo autóctono que puede cosecharse

en cualquier momento de los 8 a los 24 meses después de plantarla, por lo que puede quedarse en la tierra como defensa contra una escasez de alimentos inesperada” (p. 9).

Avellán et al. (2016), mencionan las zonas de mayor producción del cultivo de la yuca, así como la cantidad de terreno cultivado en el país dedicadas a este rubro:

En Nicaragua se encuentran 31,389.75 mz de Yuca, donde aproximadamente 2,252 mz pertenecen al departamento de Masaya. El 70% de la producción de yuca se encuentra principalmente en la zona de la RACCS, específicamente en Nueva Guinea, seguido por zona Atlántica Norte, y los departamentos de Masaya y León (p.1).

Por otra parte, de acuerdo con datos registrados por el Banco Central de Nicaragua [BCN] (2023), hacen referencia al aumento productivo que tuvo el rubro de raíces y tubérculos gracias al cultivo de la yuca en este último ciclo. En el rubro de raíces y tubérculos, la producción incremento un 2.8% en el ciclo del sector agrícola 2022-2023, específicamente por el cultivo de yuca, el cual aumento de 5.8 a 6 millones de quintales, destacando su dominio activo en este rubro.

De acuerdo con Fretes (2010), como se citó en Aponte y Collachagua (2019), la yuca puede clasificarse en dependencia de su uso:

Dependiendo del uso final de la mandioca, esta puede ser clasificada como de calidad culinaria, cuando se destina al consumo humano directo; industrial, cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos; y de doble propósito, es decir que podrían ser usados tanto para el consumo humano como industrial (p. 19).

En el cuadro uno se muestra la composición media general de los tubérculos de yuca pudiéndose observar el aporte nutricional que esta posee, así como el porcentaje de residuos o porción no comestible en una muestra de 100 gramos.

Cuadro 1. Valor nutricional de la yuca

Composición nutritiva media (por 100 g de base seca)	
Agua (%)	65.2

Carbohidratos totales (%)	32.8
Fibra (%)	1.0
Cenizas (%)	0.6
Porción no comestible (%)	32.0

Fretes (2010) citado por Aponte y Collachagua (2019, p. 21)

En la figura uno, se muestra la estructura de un corte transversal de una raíz de yuca donde según Solano (2010), refiere que, “La raíz de yuca se compone de tres tejidos: el periderma (cáscara), el parénquima cortical (corteza) y el parénquima interior o pulpa” (p. 4).

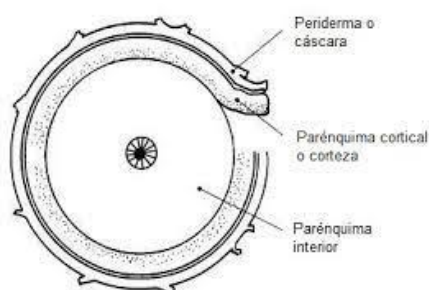


Figura 1. Corte transversal de una raíz de yuca

De acuerdo con Gallego y García (2015), la raíz de yuca está compuesta principalmente por tres fracciones: el tocón, la cáscara y la pulpa. El tocón representa aproximadamente el dos al 5 % del peso total, mientras que la cáscara abarca entre el 20 y 25 %. La pulpa, que constituye la parte útil para la obtención de productos como harina y almidón, representa alrededor del 80 al 85 %. la yuca fresca contiene entre 65 y 70 % de agua, lo que la convierte en un cultivo altamente perecedero.

El contenido de almidón varía entre el 22 y 27 %. El resto de la materia seca (5 a 8 %) está compuesto por azúcares, proteínas, cenizas, fibra cruda y extracto etéreo, influyendo en la calidad tecnológica y comportamiento del producto durante su procesamiento (p.4).

3.3 Generalidades de la harina

Según Carreira (2016), como se citó por Hernández y Gómez (2022), expresa una idea de cómo definir una harina y su obtención a través de diferentes materias primas:

La harina se conoce que es un polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es la de trigo, también se hacen harina de otros cereales como centeno, cebada, avena, maíz, arroz, existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca (p.8).

3.3.1 Harinas Sucedáneas

De acuerdo con Maldonado (2020), expresa de manera general que:

Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. Estos pueden provenir de cereales, leguminosas, pseudos cereales (amaranto, la quinoa y el trigo sarraceno o alforfón) y raíces o también como una combinación de ellas (p.12).

Por su parte Salas y Guzmán (1995), Citado por Aponte y Collachagua (2019), mencionan de manera general un concepto de harina a base de yuca:

La harina de yuca es un producto blanco, fino, que se obtiene del secado y molienda de la porción comestible de las raíces de yuca. Este producto contiene además de almidón, proteínas, azúcares, fibra y cenizas que lo convierten en un buen sustituto de la harina de trigo, en productos de panificación, pastas y embutidos. Además, las harinas de yuca se emplean como insumos en la elaboración de alimentos balanceados para animales (pp. 24 - 25).

En concordancia con lo anterior, el Codex Alimentarius (1989, enmendado en 2023) establece una definición específica para la harina de yuca, la cual varía según el tipo de tubérculo utilizado. Además, la norma clasifica este producto en función del tamaño de partícula, estableciendo categorías según su granulometría:

La yuca comestible (*Manihot esculenta* Crantz) se obtiene mediante un proceso que involucra la pulverización y molienda de hojuelas o pasta de yuca, seguido de un cernido para separar la fibra de la harina. En el caso de la harina elaborada a partir de yuca amarga (*Manihot utilissima* Pohl), se requiere un proceso de detoxificación, el cual

consiste en remojar los tubérculos en agua durante varios días antes de proceder al secado, ya sea en forma de pasta o de trozos pequeños.

La norma clasifica la harina según el tamaño de partícula: se considera harina fina aquella en la que al menos el 90 % pasa por un tamiz de 0.60 mm, y harina gruesa cuando el 90 % pasa por un tamiz de 1.20 mm (p.3).

3.3.2 Composición nutricional de la harina de yuca

De manera general en el cuadro dos se muestra la composición química de la harina de yuca, resaltando los cuatro parámetros más importantes de acuerdo con su cantidad presente.

Cuadro 2. Composición nutricional de la harina de yuca

Variables	U.M	Valores
Humedad	%	10.2
Fibra cruda	g.	4.8
Cenizas	g.	1.6
Carbohidratos	g.	80.2

Herrera et al. (2006) citado por Aponte y Collachagua (2019, p. 26)

3.4 Generalidades de los Almidones

Villarroel et al. (2018), expresa de manera general la estructura química de los almidones:

A nivel molecular, el almidón nativo está formado por dos componentes distintos, amilosa y amilopectina, que se pueden aislar por fraccionamiento y ser estudiados de forma independiente. La amilosa, que es esencialmente un polímero lineal, constituye típicamente entre el 15% al 20% de almidón, y la amilopectina, que es una molécula ramificada más grande, es el componente principal del polisacárido (p. 272).

Por otro lado, Rissole (2024), menciona que existen diferencias entre el almidón y la fécula principalmente en el origen de la materia prima utilizada para su obtención. Si bien en ambos productos corresponden a almidones, definidos como polisacáridos compuestos por amilosa y amilopectina, presentan diferencias en cuanto a su procedencia: los almidones se extraen

principalmente de granos, mientras que las féculas provienen de tubérculos como la papa o la yuca (mandioca).

3.4.1 Composición química de Almidones empleados en la industria alimentaria

Hernández et al. (2008), describen la composición química de diversos almidones potencialmente aplicables en la industria alimentaria, destacando que, de acuerdo con sus propiedades funcionales, pueden emplearse en distintas aplicaciones tecnológicas los cuales se muestran en el cuadro tres.

Cuadro 3. Composición química de almidones empleados en la industria alimentaria

Componentes %	Makal	Camote	Yuca	Sagú	Maíz	Papa
Humedad	8,99	9,83	9,48	10,5	9,9	19
Proteína Cruda	0,16	0,22	0,06	0,64	0,10	0,06
Grasa Cruda	0,19	0,31	0,20	0,36	0,35	0,05
Fibra cruda	0,35	0,28	1,01	0,06	0,62	NR
Cenizas	0,12	0,26	0,29	0,22	0,06	0,40
ELN (Extracto Libre de Nitrógeno)	99,28	98,93	98,44	98,72	98,93	99,49
Amilosa	23,6	19,6	17,0	22,7	28,3	21,0
Amilopectina	76,4	80,4	83,0	77,3	71,7	79,0

NR: No reportado. Hernández et al. (2008)

3.4.2 Fécula de yuca

De acuerdo con Aristizábal y Sánchez (2007), la yuca destaca como cultivo industrial por su alto contenido de almidón, aprovechado en diversos usos y como fuente rica en calorías:

El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares (p. 33).

Por otro lado, Buleón et al. (1990) citado por Jiménez y Martínez (2016), se destaca el rol estratégico del almidón de yuca y su importancia en investigaciones agrícolas, alimentarias e industriales mencionando que “El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas superiores constituyendo una fuente de energía esencial para muchos organismos, especialmente el hombre” (p. 27).

3.4.3 Requerimientos fisicoquímicos del almidón de yuca

Las propiedades fisicoquímicas son las que determinan el uso del almidón de yuca. Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes encontramos la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 35).

3.5 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico es una herramienta que permite evaluar la calidad higiénico-sanitaria de las materias primas en la industria alimentaria, permitiendo una mejor perspectiva en los procesos de control de calidad.

En este sentido Basic Farm (2021), refieren que “El propósito de las pruebas microbiológicas es identificar y restringir los microorganismos dañinos, que pueden estropear los alimentos, o transmitirse a través de ellos, y garantizar la inocuidad frente a las enfermedades transmitidas por estos” (párr. 3).

De Pablos (2024) por su parte menciona que este análisis puede complementarse con otras evaluaciones adicionales en laboratorio, para obtener una visión más integral “El análisis microbiológico se puede combinar con la identificación de los alérgenos, exámenes sobre la vida útil de los alimentos o incluso del valor nutricional de los mismos” (párr. 6).

El instituto de ciencia y tecnología de los alimentos (IFST, 2021) describe que este tipo de análisis tiene gran relevancia en investigaciones y procesos productivos, Los resultados microbiológicos también pueden ser muy útiles en el análisis de tendencias, de modo que cualquier desviación o movimiento hacia un producto inseguro, o cuya vida útil pueda verse reducida, se puede detectar y actuar antes de que sea demasiado tarde (párr. 5).

3.6 Análisis fisicoquímico

De acuerdo con Méndez (2020), refiere que, los alimentos pueden someterse a distintos ensayos de laboratorio los cuales permiten determinar la calidad nutricional, verificar la pureza, establecer vida útil, o comprobar que cumplen con una norma:

La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterlas utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan (p. 8).

Implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista fisicoquímico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, cuáles sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.) y en qué cantidades estos compuestos se encuentran (Méndez, 2020).

3.7 Análisis granulométrico

Un análisis granulométrico es empleado en la industria alimentaria para comprender las características de los productos como textura, absorción de agua, solubilidad, entre otras características físicas y químicas. Sarria et al. (2019) menciona que:

“El análisis granulométrico y propiedades físicas y funcionales en las harinas son primordiales para la industria alimentaria, ya que facilita la estandarización y proceso de productos, identificar los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas” (P.4).

Según expertos de la firma tecnológica ENVISOLID (2023), referente en soluciones de tamizado y transporte de materiales para las industrias química y alimentaria, describen el tamizado como un proceso de gran importancia para garantizar la calidad del producto final antes de su lanzamiento al mercado, asegurando que los alimentos ya sea en grano o polvos sea asegurada la sanidad, pureza e higiene del producto, cumpliendo con las normativas legales vigentes y optimizando los procesos de control de calidad, aportando una mayor satisfacción y

seguridad en el consumo, permitiendo a su vez realizar un análisis granulométrico y control en la molienda, indicando que:

Consiste en la separación y clasificación de tamaños de las partículas que componen una muestra la cual, se lleva a cabo a través de un tamizador o bien un tamiz determinando la cantidad de partículas de distintos tamaños, expresada en porcentajes del peso total de la muestra, permitiendo clasificar el tamaño de las partículas de la muestra, reteniendo las más grandes o pequeñas según el caso o de acuerdo la necesidad del producto (párr. 6).

3.8 Costo unitario estimado de producción

La estimación de costos es un instrumento clave para proyectar recursos en procesos productivos, especialmente en la industria alimentaria. Incluye insumos, mano de obra y costos indirectos, facilitando la toma de decisiones y la evaluación de rentabilidad. Según Sánchez (2014), “los costos estimados son la representación tentativa en la anticipación de los costos reales y están sujetos a rectificaciones a medida que se comparan con los mismos” (p.9), permitiendo su ajuste progresivo a productos, operaciones o procesos específicos.

Oyarzún (2023), define el costo unitario como “el valor que cuesta producir, almacenar y vender una sola unidad de un producto o servicio, es decir, la cantidad que le cuesta a una compañía producir un producto” (párr.4). Este concepto se articula operativamente con los costos estimados, ya que ambos pueden integrarse en la planificación financiera y productiva, proporcionando una base conjunta para proyectar, analizar y ajustar la rentabilidad de los procesos.

3.8.1 Elementos de costos de producción

Los costos de producción se clasifican en materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. Los primeros corresponden a los insumos incorporados al producto final; la mano de obra directa al personal que interviene en el proceso; y los costos indirectos a gastos no atribuibles a un producto específico, como consumo eléctrico, depreciación y mantenimiento de maquinaria esta clasificación facilita el análisis económico y la determinación del costo unitario (Astraway, 2021)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

Para la identificación y evaluación de las características fisicoquímicas y rendimiento de los clones de yuca en harina y fécula se llevó a cabo un diagnóstico a productores pertenecientes a la escuela técnica campesina “Sebas Parras” ubicada en la comunidad de Santa Elisa, a 10 km de la comunidad indígena Rama Tiktik kaanú-Bluefields con coordenadas 11°52'19"N 83°57'09"W reflejada en la figura dos, con la finalidad de identificar a los principales productores de yuca y clones más representativos en términos de volumen de cosecha, lo que permitió estimar la cantidad de material vegetal requerido para el desarrollo del trabajo de investigación.



Figura 2. Ubicación de Escuela técnica campesina “Sebas Parras” y Comunidad Santa Elisa – Bluefields Fuente: Google Earth

Posteriormente los ensayos de laboratorio fueron desarrollados en las instalaciones del Laboratorio de Agroindustria de los Alimentos de la Universidad Nacional Agraria, sede central, adscrita a la Dirección de Ciencias Agrícolas, ubicada en el kilómetro 12 ½ de la carretera Norte, en el departamento de Managua, Nicaragua (coordenadas 12°08'56" N, 86°09'42" W).

Asimismo, se realizaron análisis complementarios en el laboratorio de fisiología vegetal y laboratorio de microbiología de la misma institución los cuales se muestran en la figura tres.

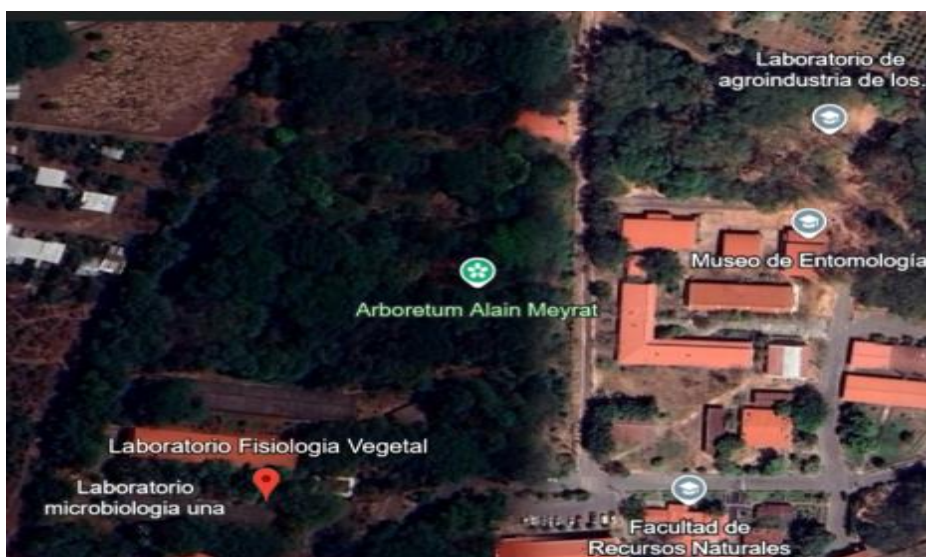


Figura 3. Ubicación de los laboratorios de Agroindustria de los alimentos, microbiología y fisiología vegetal. Fuente: Google Earth

4.2 Diseño metodológico

Esta investigación se enmarca en el enfoque aplicado y descriptivo, se realizó cuatro visitas en total, las cuales consistieron en la identificación de los clones cultivados en la zona, recolección de muestras para evaluar la materia prima, un taller de capacitación de los productores sobre postcosecha y buen manejo de las muestras, y por último la recolección de muestras bajo criterios de aceptación para evaluación de rendimiento final como producto terminado.

En la materia prima, se evaluaron las características biométricas de las raíces de yuca (longitud, diámetro y peso) de los diferentes clones a nivel macroscópico mediante observación directa, procedimiento empleado por Vargas (2010) y Jiménez y Martínez (2016). Para evaluar únicamente variables de interés como: tamaño, diámetro y porción aprovechable.

Además, se registraron los residuos generados en cada raíz de yuca, entendidos como partes no aprovechables, con la finalidad de cuantificar el desperdicio y complementar la evaluación de la calidad de la materia prima, datos que se registraron en los formatos de evaluación para cada raíz (ver anexo dos).

Para la evaluación microbiológica de los clones de yuca se realizó un análisis de mohos y levaduras mediante recuento en placas por duplicado, y los resultados fueron expresados siguiendo la metodología establecida por la Autoridad de Normas y Seguridad Alimentaria de la India (FSSAI, por sus siglas en inglés: *Food Safety and Standards Authority of India*, 2016).

Así mismo, se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) para la evaluación del rendimiento de harina y fécula de las muestras de yuca, cuyos factores de estudios y tratamientos se detallan en la sección 4.3.2.

4.2.1 Determinación de características biométricas y microbiológicas de clones de yuca identificados.

Para la evaluación de las propiedades biométricas y microbiológicas de los clones de yuca identificados, se realizaron dos visitas in situ a la zona de producción, la primera visita se centró en la recolección de información a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerado apropiado en estudios aplicados donde se prioriza la accesibilidad y pertinencia de los participantes sobre la representatividad estadística.

Como instrumento se utilizó una encuesta (ver anexo uno), aplicada a los productores pertenecientes a las localidades vinculadas a la escuela Sebas parras, lo que permitió obtener un diagnóstico inicial de las condiciones productivas del rubro en estudio.

Para la selección de las unidades de análisis (productores de yuca) se consideraron los siguientes criterios:

- Dedicarse al cultivo de yuca.
- Pertenecer a la escuela técnica campesina “Sebas Parra”
- Procedencia geográfica.
- Superficie cultivada.
- Poseer al menos dos clones de yuca en producción.

En este sentido, este modelo de muestreo permitió incorporar a actores locales con experiencia directa en el cultivo de yuca, asegurando información relevante contextualizada con el estudio. En este sentido este instrumento no fue aplicado a toda la población, sino a solo a los que cumplían con los criterios antes mencionados.

A los encuestados se les consulto lo siguiente: nombre de los clones cultivados, época de cosecha, tipo de manejo agronómico, tiempo de madurez fisiológica, superficie cultivada, producción estimada, y destino de la cosecha (comercialización o autoconsumo).

En la segunda visita se procedió a recepcionar materia prima (clones y madurez fisiológica) sin ningún criterio de selección o manejo específico, con el propósito de evaluar las características biométricas y microbiológicas de los clones identificados en el diagnóstico. Las muestras fueron rotuladas con el nombre del clon y el nivel de madurez fisiológico (edad de cosecha del cultivo), se resguardaron en sacos de polipropileno para su posterior almacenamiento a temperatura ambiente.

Cabe recalcar que las muestras en estudio estuvieron resguardadas por 69 desde su recepción hasta su procesamiento, que incluye la cosecha en campo, traslado de la comunidad a Bluefields vía acuática y de Bluefields a Managua.

Se procesaron únicamente las raíces que cumplieron con los criterios de selección establecidos: Ausencia de daños mecánicos y fisiológicos. Estas se agruparon en dos categorías de madurez fisiológica: de siete a diez meses y de más de diez meses.

A cada muestra se le asigno un código de identificación (ID) que describe el nombre del clon y su estado de madurez. La verificación se realizó mediante la observación directa utilizando un formato de inspección, lo que permitió un manejo organizado y trazable durante el proceso experimental. La codificación correspondiente se muestra en el cuadro cuatro.

Cuadro 4. Codificación de muestras por códigos ID

Nombre de la muestra del clon de yuca y nivel de madurez fisiológico	Código ID
Clon señorita de siete a diez meses	CSP7-10M
Clon señorita de diez a más meses	CSP10-Mas
Clon algodón de siete a diez meses	CAP7-10M
Clon algodón de diez a más meses	CAP10-Mas

Clon quintalera de siete a diez meses	CQP7-10M
Clon quintalera de diez a más meses	CQP10-Mas
Clon panameña de siete a diez meses	CPP7-10M
Clon panameña de diez a más meses	CPP10-Mas
Clon tica de siete a diez meses	CTP7-10M
Clon tica de diez a más meses	CTP10-Mas

Posteriormente con las muestras ya codificadas se evaluaron las características biométricas, mediante la medición de la longitud y diámetro de las raíces, siguiendo las recomendaciones metodológicas descritas por Martínez (2012), citado por Martínez y Castillo (2019) “Se determinó midiendo con una cinta métrica desde el extremo distal hasta el extremo proximal, dónde se considera que termina la pulpa” (P. 3).

Así mismo, también se cuantifico la porción aprovechable y residuos generados, haciendo uso de instrumentos de medición: cinta métrica, regla graduada metálica de cero a 30 cm, balanza digital marca Kern con capacidad de 6 000 g (1g de precisión). Para la recolección sistemática de los datos se elaboraron formatos de inspección impresos (ver anexo dos)

Para la evaluación microbiológica se realizó un análisis de mohos y levaduras de acuerdo a la metodología de la Autoridad de Normas y Seguridad Alimentaria de la India (FSSAI, 2016, p. 3) con el objetivo de evaluar la estabilidad higiénico-sanitaria y estimar comportamiento de las muestras frente al deterioro post cosecha, evaluación que permitió ampliar el perfil de análisis y descripción para obtener información integral sobre calidad y vida útil de la materia prima. Se empleó la siguiente fórmula para el cálculo de UFC/g.

$$N = \frac{\sum c}{(N1+0.1xN2)D}$$

Donde

$\sum c$ Es la sumatoria de colonias contadas en todas las placas retenidas.

N1 es el número de placas retenidas en la primera dilución

N2 es el número de placas retenidas en la segunda dilución correspondiente a la primera dilución

D es el factor de dilución

Donde se deberá reportar como:

Recuento de levaduras y mohos = x/g o ml según la naturaleza del producto.

Las características químicas de los clones en evaluación se determinaron a través de análisis químico en el Laboratorio de Bromatología, ubicado en la Dirección de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria, sede central. Los parámetros evaluados incluyeron: contenido de humedad, contenido de almidón, cenizas totales y fibra cruda. Estos como complementos del estudio.

4.2.2 Evaluación del rendimiento de harina y fécula a escala de laboratorio de clones de yuca identificados.

Para la evaluación del rendimiento de la harina y fécula, se realizaron dos visitas, la primera con el propósito de impartir un taller dirigido a los productores, cuyo objetivo fue garantizar el suministro de raíces de yuca en condiciones óptimas. Durante la actividad se abordaron prácticas de cosecha y postcosecha necesarias para preservar la calidad de la materia prima. Entre los aspectos abordados se incluyeron: técnica de extracción de las raíces, método de corte, así como el acondicionamiento (selección, clasificación, reducción de daños y protección para el transporte).

En la segunda visita se solicitó nuevamente materia prima a los productores, esta vez bajo criterios específicos de selección para garantizar la calidad de las raíces de utilizadas. Dichos criterios incluyeron:

- Ausencia de daños mecánicos (cortes, golpes, fisuras o grietas en las raíces que puedan generar hematomas internos que aceleren el deterioro fisiológico).
- Ausencia de daños biológicos (manchas oscuras o negras en la corteza, pulpa blanda o mal olor en las raíces, perforaciones por insectos).

Con el material previamente seleccionado, las muestras fueron trasladadas desde la escuela hasta el laboratorio de agroindustria, procurando evitar cualquier daño físico que acelere su deterioro.

Se procedió a sacar las muestras de los sacos en que se transportaban, y se vertieron en cajillas para una mejor ventilación. Siguiendo como referencia los procedimientos recomendados por (Osorio, 2004, P. 51-53) y (Alvarado, 2009, P. 23) se procedió a la elaboración de la harina de yuca.

Recepción y selección de la materia prima: Se recibió las muestras (materia prima) que no presentaron daños mecánicos o biológicos permitiendo un manejo adecuado de las muestras para su debido procesamiento. Se eliminaron raíces pequeñas y aquellas que presentaron algún deterioro fisiológico o biológico (ataque de insectos, mal olor, frescura de la raíz) y se retiraron las raíces de yuca del tocón o pedúnculo.

Lavado: Se efectuó una limpieza preliminar de los tubérculos mediante un procedimiento en seco, que consistió en raspar cuidadosamente con un cuchillo de acero inoxidable los excesos de tierra adheridos a las raíces. Posteriormente se realizó una limpieza húmeda empleando agua y jabón neutro de grado alimenticio, apoyándose de un fiambre (esponja domestica) para remover la suciedad persistente en la superficie. Finalmente, los tubérculos fueron enjuagados con abundante agua con el fin de eliminar los residuos de jabón y cualquier impureza remanente.

Desinfección: Se empleo una solución de agua clorada a 60 ppm, en el cual los tubérculos fueron sumergidos durante tres minutos, esto en cumplimiento a las recomendaciones establecidas en la guía para el uso de cloro en la desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, p. 10).

Pesado: se pesó la muestra de yuca a emplear para proceso, información utilizada para calcular el rendimiento de materia prima respecto a la porción aprovechable.

Pelado: Se retiró manualmente con un cuchillo industrial de nueve pulgadas de acero inoxidable el parénquima cortical (cáscara o corteza de la raíz) de cada tubérculo, y se procedió a pesar tanto las muestras limpias de cada clon de yuca como los residuos generados durante el pelado. Esta etapa es crítica, ya que influye directamente en el cálculo del rendimiento de producción.

Reducción de tamaño: Con una mandolina de acero inoxidable con navaja regulable se hicieron cortes transversales de un mm de grosor verificado haciendo uso de una regla metálica

graduada, esta operación es indispensable para mejorar la deshidratación del tubérculo y acelerar el secado de las muestras.

Secado: Las muestras se llevaron a un horno secador eléctrico marca J.P. SELECTA 2002961 de circulación de aire forzado con una capacidad de voltaje de 230V, el cual se controló y monitoreo cada dos horas a una temperatura que no superará los 70°C con un tiempo aproximado de nueve horas, identificando cada uno de los clones en estudio previamente codificados en las bandejas del equipo.

Pulverización: Se empleó un mini molinillo eléctrico de 150 W, con el fin de pulverizar las hojuelas de yuca deshidratadas, facilitando el tamizado.

Tamizado: Se utilizaron tamices de acero inoxidable con aberturas de 0.8 y 0.9 mm, con el propósito de separar las partículas según su tamaño. Según lo establecido en la norma CODEX STAN 176-1989 para harina de yuca tipo gruesa, al menos el 90 % de la materia seca debe pasar por un tamiz de 1.20 mm, lo que justifica la elección de los calibres utilizados para garantizar la uniformidad granulométrica del producto.

Pesado: Se realizó una recolección de datos durante el proceso de elaboración del producto, los cuales fueron clave tanto para la estimación de los costos de producción como para el análisis estadístico de los resultados. Se empleó una balanza digital con capacidad de 6000 gramos y precisión de 0.1 gramo.

Envasado: Se utilizaron bolsas de polietileno tipo Ziploc para el almacenamiento y manejo adecuado de las muestras.

Para la elaboración de la fécula, se siguieron los procedimientos descritos por Jiménez y Martínez (2016). Además, se tomó en cuenta la guía para la producción y análisis de almidón de yuca de Aristizábal y Sánchez (2007), quienes describen la extracción mediante el método húmedo como técnica principal para obtener el almidón de las raíces.

Recepción y selección de materia prima: Las raíces de yuca fueron procesadas después de 48 horas de haber sido cosechadas, garantizando que todo el proceso desde la cosecha hasta el producto terminado, se realicen de manera rápida y eficiente. Se eliminaron aquellas que presentaron algún deterioro fisiológico o biológico (ataque de insectos, mal olor, frescura de la raíz) y se retiraron las raíces de yuca del tocón o pedúnculo.

Lavado: Se efectuó una limpieza preliminar de los tubérculos mediante un procedimiento en seco, que consistió en raspar cuidadosamente con un cuchillo los excesos de tierra adheridos a las raíces. Posteriormente se realizó una limpieza húmeda empleando agua y jabón neutro de grado alimenticio, apoyándose de un fiambre (esponja domestica) para remover la suciedad persistente en la superficie. Finalmente, los tubérculos fueron enjuagados con abundante agua con el fin de eliminar los residuos de jabón y cualquier impureza remanente.

Desinfección: Se empleo una solución de agua clorada a 60 ppm, en el cual los tubérculos fueron sumergidos durante tres minutos, esto en cumplimiento a las recomendaciones establecidas en la guía para el uso de cloro en la desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, p. 10).

Pesado: se procedió a pesar la muestra de yuca a emplear para proceso, información utilizada para calcular el rendimiento de materia prima respecto a la porción aprovechable.

Pelado: Se retiró manualmente con un cuchillo industrial de nueve pulgadas de acero inoxidable el peridermis (cáscara superficial de la raíz) de cada tubérculo, y se procedió a pesar tanto las muestras limpias de cada clon de yuca como los residuos generados durante el pelado. Esta etapa es crítica, ya que influye directamente en el cálculo del rendimiento de producción.

Rallado o Molturación: Se efectuó la trituración húmeda de las raíces de yuca, con el propósito de liberar los gránulos de almidón contenidos en el parénquima cortical e interno, con un procesador de alimentos marca Hamilton Beach, modelo 70730, con una potencia de 450 W, lo que permitió una reducción de tamaño eficiente y uniforme del material vegetal cuya proporción de agua fue 3:1, es decir, tres partes de agua por cada parte de muestra de yuca.

Extracción del almidón: Consistió en separar la pulpa desintegrada o material fibroso de la lechada, la cual contenía el almidón suspendido, con la finalidad de optimizar la pureza del producto y maximizar la recuperación de almidón, se realizaron dos extracciones consecutivas, asegurando una mayor eficiencia durante la separación.

Sedimentación: Se dejó reposar la lechada obtenida de las raíces de yuca por 30 minutos en un recipiente plástico graduado de 500 ml con la finalidad de permitir que el almidón obtenido de la extracción se precipite al fondo para decantar el efluente líquido residual.

Decantación y pesaje: Se realizó con la finalidad de separar la mezcla heterogénea, dejando reposar la suspensión durante 30 minutos en un recipiente plástico para permitir que el almidón se sedimentara y descendiera por acción de la gravedad. Luego, se retiró la fracción líquida sobrenadante, obteniendo así el almidón sedimentado para las etapas siguientes.

Secado: Se utilizó un secador eléctrico marca JP SELECTA 2002961 a una temperatura no superior a 50 °C durante aproximadamente siete horas hasta reducir a un 13% la humedad aproximadamente.

Pulverizado: Se utilizó un mini molinillo eléctrico de 150 W para reducir el tamaño de las partículas del almidón obtenido de los tubérculos de yuca previamente deshidratados, con el propósito de optimizar la uniformidad del material y facilitar su posterior tamizado.

Tamizado: Se emplearon tamices de acero inoxidable con aperturas de 0.224 y 0.154 mm para evaluar el tamaño de partícula del almidón obtenido. Este procedimiento se realizó conforme a la norma CD-ARS-846-2014, la cual establece que al menos el 95% de la masa del almidón de yuca de calidad alimentaria debe de pasar a través de un tamiz con malla de 100-140 μm (0,1-0,12 mm)

Pesado y empaque de muestras de fécula: Se realizó pesado con el fin de determinar el rendimiento final del producto. Posteriormente, las muestras fueron empacadas en bolsas ziploc, debidamente rotuladas con sus respectivos códigos, y almacenadas a temperatura ambiente.

4.2.3 Valoración de propiedades fisicoquímicas y rendimiento de muestras de harinas y féculas, tomando como referencia las normativas CODEX STAN CXS 176-1989 y propuesta de Norma CD-ARS-846-2014.

Para la valoración de las propiedades químicas de las muestras de harina y fécula, se tomaron como referencia las normativas internacionales CODEX STAN CXS 176-1989 y CD-ARS-846-2014. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de bromatología de la Dirección de Ciencias Animales.

Para la evaluación del tamaño de partículas se hizo uso de la metodología de sistema de tamizado en cascada o paralelo por agitación manual el cual consiste en emplear más de un tamiz para

separar el producto en más de dos fracciones, los cuales se agrupan en orden creciente de abertura de malla. (Emjuvi, 2020)

Los resultados obtenidos se compararon con los parámetros técnicos establecidos en dichas normativas y con referencias científicas adicionales, con propósito de verificar el cumplimiento de los estándares de calidad y la viabilidad de su uso en la industria alimentaria.

4.2.4 Estimación de costo unitario de harina y fécula a escala de laboratorio.

Para estimar el costo unitario de producción correspondiente a la muestra con mayor rendimiento de harina y fécula, se calculó el costo estimado. Para ello, se emplearon las metodologías propuestas por Sánchez (2014), Delgado (2018) y Aguilar (2020).

Se identificaron la materia prima, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación involucrados en el proceso de harina y fécula y se aplicó la fórmula correspondiente para estimar el costo unitario promedio por muestra de producto terminado.

$$Cu = \frac{MOD + MP + CIF}{\# \text{uds producidas}}$$

Donde

MOD = mano de obra directa

MP = materia prima

CIF = Costos Indirectos de Fabricación

4.3 Variables evaluadas

Las variables independientes del estudio fueron el tipo de clon de yuca y la madurez fisiológica. Como variables dependientes se evaluaron características biométricas de las raíces, incluyendo longitud y diámetro, porción aprovechable y residuos generados, así como el rendimiento de los productos obtenidos (harina y fécula).

4.3.1 Factores de estudio

Factor C: Representa los tipos de clones de yuca

C1: clon uno

C2: clon dos

C3: Clon tres

C4: clon cuatro

C5: clon cinco

Factor M: representa el tiempo de cosecha o madurez fisiológica de los clones de yuca

M1: Nivel de madurez fisiológica de siete a diez meses

M2: nivel de madurez fisiológica de diez a más meses

4.3.2 Tratamientos evaluados

El diseño empleado fue un **Diseño Completamente al Azar (DCA)**, el cual se aplica cuando las unidades experimentales son homogéneas y los tratamientos se asignan de forma aleatoria. Según Hinkelmann y Kempthorne (1994, como se citó en López et al., 2007), este diseño implica la distribución aleatoria de $(N = t \times r)$ unidades en (t) tratamientos con igual número de réplicas, asegurando la misma probabilidad en la asignación (p. 158)

Para el análisis estadístico de los efectos de los factores y su posible interacción en el rendimiento se utilizó un modelo aditivo lineal conforme al modelo planteado por Mowers et al. (2023) expresado como:

$$Y_{\text{Rendimiento}_{ijk}} = \mu + C_i + M_j + CM_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde

$Y_{\text{Rendimiento}_{ijk}}$ representa el valor observado de la variable dependiente (rendimiento) en la repetición k correspondiente al clon i y al nivel de madurez j

μ es la media general de todas las observaciones

C_i es el efecto del i -ésimo clon

M_j es el efecto del j -ésimo nivel de madurez fisiológica

CM_{ij} representa la interacción de los factores (clon y madurez fisiológica)

ε_{ijk} es el error experimental asociado a cada observación

Este enfoque permitió evaluar tanto los efectos principales como la interacción entre los clones y madurez, relacionando directamente los factores estudiados con las variables medidas y el rendimiento de los productos obtenidos.

Se obtuvieron un total de diez tratamientos, cuatro repeticiones y 40 unidades experimentales por cada producto elaborado de acuerdo con las codificaciones de cada uno de los tratamientos en función al arreglo entre los factores y sus niveles.

Se establecieron diez tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno, para un total de 40 unidades experimentales por cada producto elaborado, de acuerdo con la codificación definida según el arreglo factorial y sus respectivos niveles. En el cuadro cinco se presenta la recodificación empleada para el procesamiento estadístico de los datos.

Cuadro 5. Recodificación y descripción de tratamientos del estudio

Nº	Codificación	Descripción del código	Nombre del clon
T1	C1M1	Clon uno-Madurez uno	Tica
T2	C1M2	Clon uno-Madurez dos	Tica
T3	C2M1	Clon dos-Madurez uno	Algodón
T4	C2M2	Clon dos-Madurez dos	Algodón
T5	C3M1	Clon tres-Madurez uno	Panameña
T6	C3M2	Clon tres-Madurez dos	Panameña
T7	C4M1	Clon cuatro-Madurez uno	Quintalera
T8	C4M2	Clon cuatro-Madurez dos	Quintalera
T9	C5M1	Clon cinco-Madurez uno	Señorita
T10	C5M2	Clon cinco-Madurez dos	Señorita

4.4 Análisis de datos

Los datos fueron recolectados inicialmente en formatos impresos, los cuales incluían información sobre las características mecánicas de las raíces y el rendimiento de materia prima aprovechable. En el caso del rendimiento del producto terminado, los datos se registraron en hojas de cálculo de Excel, donde fueron codificados según las interacciones entre los factores considerados en el estudio experimental.

Los datos obtenidos a partir de los tratamientos aplicados a las muestras, así como sus respectivas repeticiones, fueron organizados en hojas de cálculo de Excel y posteriormente procesados mediante los programas estadísticos Statistical Analysis System (SAS) e InfoStat, versión estudiantil 2014 (ver anexos 3 y 4). Estas herramientas fueron seleccionadas por su robustez en el manejo de diseños experimentales factoriales y en la comparación de medias, permitiendo obtener una visión integral del comportamiento de las variables evaluadas y facilitar la interpretación cuantitativa de los resultados.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron los procedimientos PROC ANOVA y PROC GLM del software SAS, complementados con el programa InfoStat, con el fin de validar la consistencia de los resultados en diseños experimentales en particular, se empleó PROC GLM por su capacidad de modelar interacciones y ajustar el modelo en presencia de desequilibrios menores.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), lo cual permitió identificar diferencias estadísticas significativas entre los niveles de los factores evaluados, así como entre sus posibles interacciones.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Características biométricas y microbiológicas de los clones de yuca identificados.

En el diagnóstico se identificaron 33 productores de nueve comunidades; el 55% provenientes de Caño Maíz, el 12% del Pavón y Tik Tik Kannú y San José II, tuvieron una participación del 6% cada una, las comunidades de la Sierpe, Nueva Alianza, Docuno y Buenos Aires tuvieron una representación menor, con un 3% cada una.

Con respecto a los clones de yuca cultivados en la zona, se encontraron cinco clones: “Señorita”, reportado por 30 productores, lo que representa el 46 %, en segundo lugar, se ubicó el clon “panameña” con una incidencia del 18.2%, seguido de “Quintalera” y “Algodón”, ambos con el 15.2%. En contraste, el clon “Tica” mostro la menor presencia, siendo cultivado únicamente por cuatro productores (6.1%).

Todos los clones compartieron características semejantes como: practicas agronómicas, tamaño del tubérculo, finalidad de uso, sin embargo, se diferenciaron en aspectos físicos, particularmente en el esclerénquima (superficie de la cascara interna de la raíz), que vario entre tonalidades crema, rosado claro y salmón pastel.

De acuerdo con los datos (46%) del clon ‘Señorita’ sugiere que podría tener ventajas agronómicas, adaptabilidad o preferencia de mercado que justifican su amplia adopción por parte de los productores. No obstante, la presencia de otros clones en menor proporción también muestra una diversidad genética potencialmente útil para fines comparativos en rendimiento y calidad.

Por otra parte, se determinó que el 70% de los productores destinan su producción de yuca exclusivamente para autoconsumo, reflejando una agricultura de carácter familiar o tradicional, con bajo nivel de integración en el mercado, solo el 30% destina su cosecha con ambos fines, lo que deja en evidencia la limitada integración a la cadena productiva o comercios formales.

De igual manera, los productores manejan áreas de cultivos que oscilan entre 0.70-3.5 hectáreas, teniendo un promedio de producción de 9 400 kg, lo que se debe especialmente a que no se implementan prácticas de manejo agronómico tecnificado, debido a la limitada demanda del

mercado, a las restricciones en la comercialización y al escaso aprovechamiento del cultivo, lo que conduce a que la producción se destine mayoritariamente a autoconsumo.

Sin embargo, los productores indicaron que “la adopción en condiciones favorables de mejores prácticas agronómicas tenía el potencial de aumentar drásticamente los rendimientos hasta 50 000 kg por hectárea en condiciones favorables”.

En la valoración de las características biométricas, la longitud de las raíces se muestra en el cuadro seis, que oscilaron entre 19 cm y 48 cm, como promedio, destacándose las muestras C2M2 y C4M2 con mayores valores: 48 cm y 45 cm, respectivamente. En cuanto al diámetro, los promedios registrados variaron entre 4.3 cm y 7.2 cm, siendo las muestras C2M2 y C3M2 las que presentaron los diámetros más altos, con 7.2 cm y 6.8 cm, respectivamente.

Estos muestran una tendencia comparable a los obtenidos por autores como Hernández y Castillo (2019), quienes registraron longitudes entre 22 cm y 33 cm, con un valor promedio de 27,5 cm aproximadamente (P.5). De manera similar Jiménez y Martínez (2016) registraron valores de 18,5 y 37 cm, con un promedio 29,56cm (P.61). Así mismo Nicaragua et al. (2004) también señalan que estas variaciones son normales, pues “el tamaño de las raíces es muy variable y va desde los 20 a 50 cm de largo por 5 a 10 cm de diámetro” (p.9).

Cuadro 6. Características biométricas de longitud y diámetro de las muestras de yucas

Código de la muestra	Longitud de la raíz cm (Promedio)	Diámetro de la raíz cm (Promedio)
C1M1	27.9	4.8
C1M2	31.7	5.2
C2M1	19.2	5.3
C2M2	48	7.2
C3M1	25.1	5
C3M2	19	6.8
C4M1	20.7	4.8

C4M2	45	4.7
C5M1	21.4	4.3
C5M2	26	5.8

C1M1: Clon uno madurez uno; C1M2: Clon uno madurez dos; C2M1: Clon dos madurez uno; C2M2: Clon dos madurez dos; C3M1: Clon tres madurez uno; C3M2: Clon tres madurez dos; C4M1: Clon cuatro madurez uno; C4M2: Clon cuatro madurez dos; C5M1: Clon cinco madurez uno; C5M2: Clon cinco madurez dos

En lo que se refiere al rendimiento de porción aprovechable para el proceso de harina, la muestra C1M1 presento el mayor valor con un 81.57%, en el caso del menor rendimiento que se registro fue de 74.11% concerniente a la muestra C3M1. Estos resultados infieren ligeramente a los reportados por Alvarado (2009), quien obtuvo un rendimiento de pulpa del 85.41% y un 14.59% correspondientes a residuos en su estudio sobre harina de yuca (p.19).

Cuadro 7. Rendimiento de la porción comestible de las muestras de yuca en harina

Código de la muestra	Producto elaborado	Porción aprovechable %	Residuos obtenidos %
C1M1	Harina	81.57	18.43
C1M2	Harina	77.15	22.85
C2M1	Harina	78.10	21.90
C2M2	Harina	74.86	25.14
C3M1	Harina	74.11	25.89
C3M2	Harina	77.64	22.36
C4M1	Harina	75.58	24.42
C4M2	Harina	74.44	25.56
C5M1	Harina	76.39	23.61
C5M2	Harina	77.45	22.65

C1M1: Clon uno madurez uno; C1M2: Clon uno madurez dos; C2M1: Clon dos madurez uno; C2M2: Clon dos madurez dos; C3M1: Clon tres madurez uno; C3M2: Clon tres madurez dos; C4M1: Clon cuatro madurez uno; C4M2: Clon cuatro madurez dos; C5M1: Clon cinco madurez uno; C5M2: Clon cinco madurez dos

Para la elaboración de fécula se realizó remoción únicamente del peridermis (corteza externa), conservando el parénquima cortical o corteza subyacente al peridermis. Esta decisión se justificó en función a estudios como el de Fronza et al. (2023, p.3) quienes reportan que, existe un contenido apreciable de almidón (6.5%) por lo que se mantuvo intencionadamente en la elaboración de dicho subproducto.

Como se muestra en el cuadro ocho, los clones con mejores resultados en porción aprovechable fueron las muestras C1M1 con 96.47% y C1M2 con 92.6%, el resto de las muestras también mostraron valores superiores al 80%, indicando una buena eficiencia en el aprovechamiento de estas y resultados considerablemente superiores a los reportados por Jiménez y Martínez (2016) reportaron un 83% de porción comestible para la variedad Guayape (p.61).

Cuadro 8. Porción aprovechable de muestras de yuca para transformación en fécula

Código de la muestra	Producto elaborado	Porción aprovechable %	Residuos obtenidos %
C1M1	Fécula	96.47	3.53
C1M2	Fécula	92.6	7.4
C2M1	Fécula	94	6
C2M2	Fécula	83.6	16.4
C3M1	Fécula	86.98	13.02
C3M2	Fécula	89.58	10.42
C4M1	Fécula	87.41	12.59
C4M2	Fécula	84.92	15.08
C5M1	Fécula	89.63	10.37
C5M2	Fécula	87.6	12.4

C1M1: Clon uno madurez uno; C1M2: Clon uno madurez dos; C2M1: Clon dos madurez uno; C2M2: Clon dos madurez dos; C3M1: Clon tres madurez uno; C3M2: Clon tres madurez dos; C4M1: Clon cuatro madurez uno; C4M2: Clon cuatro madurez dos; C5M1: Clon cinco madurez uno; C5M2: Clon cinco madurez dos

Las diferencias observadas en los rendimientos de porción aprovechable entre los clones evaluados y los reportados por otros autores pueden atribuirse a la procedencia del material vegetal, las metodologías empleadas y las condiciones agronómicas y postcosecha. No obstante, los valores obtenidos resultan comparables e incluso superiores en algunos casos, como se evidenció en la revisión bibliográfica.

Los resultados del análisis de mohos y levaduras fueron interpretados de conformidad a los límites máximos permisibles establecidos en la guía técnica para la producción y análisis del almidón de yuca (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.113). Dado que no existe una normativa nacional o regional para raíces de yucas frescas.

Las muestras superaron ampliamente el límite establecido de mohos y levaduras de 5.0×10^3 UFC/g tal y como se muestran en el cuadro nueve, lo que evidencio una alta carga microbiana excediendo el límite recomendado, esto debido a su elevado contenido de humedad, además, las diferencias entre clones pueden influir en la resistencia al deterioro fisiológico y microbiológico.

De manera que estos datos se asemejaron a los reportados por Desse y Taye (2001) reportaron cargas microbianas totales en raíces frescas de yuca sin ningún tipo de operación primaria que oscilaban entre 8.7×10^4 y 2.1×10^9 cfu/g, sin embargo, tras una limpieza adecuada con agua clorada los recuentos disminuyeron significativamente en una proporción aceptable ($<10^3$ y 10^2 ufc/g) respectivamente (p.22).

Esto reforzó la necesidad de aplicar medidas de control del procesamiento, así como las condiciones de transporte y almacenamiento previo, constituyendo además un indicador indirecto de la vida útil potencial del producto final (harina y fécula). Aunque este análisis no determino de forma directa la vida útil, permitió inferir el nivel de riesgo microbiológico inicial; una carga elevada sugiere que, en ausencia de controles efectivos, la estabilidad y calidad del producto final podrían verse comprometidas durante el almacenamiento.

Cuadro 9. Recuento de mohos y levaduras en UFC/g en clones de yuca

Código muestra	Estimación mediante procedimiento FSSAI UFC/g	Limite Max Guía técnica de almidón de yuca 1 000 - 5 000 UFC/g
C1M1	$3,04 \times 10^4$	NC
C1M2	$3,66 \times 10^4$	NC
C2M1	$1,91 \times 10^4$	NC
C2M2	$1,58 \times 10^4$	NC
C3M1	$1,41 \times 10^5$	NC
C3M2	NTNC	NC
C4M1	$9,52 \times 10^3$	NC
C4M2	$2,36 \times 10^4$	NC
C5M1	$2,5 \times 10^4$	NC
C5M2	1×10^4	NC

UFC/g: Unidades Formadores de colonia por gramo; NC: No cumple

Como análisis complementario, se evaluaron las características químicas de los clones de yuca como materia prima, considerando los parámetros materia seca, humedad, cenizas totales y fibra cruda. En el cuadro ocho se indican los valores obtenidos. Estos parámetros son esenciales para valorar tanto el rendimiento como la calidad de los productos derivados de la yuca.

En cuanto al contenido de humedad y materia seca de las muestras evaluadas, se observó una variación significativa. Los valores de humedad oscilaron entre 60.7% (C3M2) y 70.82% (C4M1), mientras que los correspondientes a materia seca fluctuaron entre 29.18% y 39.93%. Estas variables al comportarse de manera inversa son consistentes con su relación directa: a mayor cantidad de humedad en la muestra, menor es la materia seca.

El clon C3M2 destaco con 39.93% de materia seca, lo que sugiere rendimiento potencial para el aprovechamiento industrial. En contraste con el contenido de humedad, el clon C4M1 presento 70.82% de humedad, lo cual podría afectar su estabilidad postcosecha y aumentar el riesgo de deterioro fisiológico o microbiano.

Estos resultados son similares con lo reportado por Jiménez y Martínez (2016), quienes obtuvieron valores de humedad del 68% en la variedad de yuca Guayape (p. 63). Por otro lado, Alvarado (2009) reporto valores de hasta 61% de humedad en materia prima (p. 10). Pacheco et al (2018) por su parte reporto valores que oscilaron entre 34.52 hasta los 46.79% (p. 88).

El contenido de cenizas totales de las muestras varió entre 1.38 % (C3M2) y 3.72 % (C4M1), el resto de las muestras presentó valores dentro de este rango. Por su parte, Montaldo, citado por Alvarado (2009), reportó un contenido de cenizas totales de 1.3 % (p. 10), coincidiendo con lo registrado por Jiménez y Martínez (2016), quienes informaron un valor de 1.39 % (p. 63). Estos resultados evidencian la necesidad de fortalecer los controles en las etapas de recepción, lavado y acondicionamiento de la materia prima.

En cuanto al contenido de fibra cruda, los valores de las muestras oscilaron entre 2.05 % (C3M2) y 3.18 % (C2M2), estos resultados podrían atribuirse al uso de raíces fibrosas siendo estos superiores a los presentados por Jiménez y Martínez (2016) quienes reportaron un valor de 0.7 % (p.63), inferior al registrado por Montaldo, citado por Alvarado (2009), quien indicó un contenido de 1.2 % (p.10).

Cuadro 10. Características químicas de las muestras de yuca

Código de la muestra	ID muestra	Materia seca %	Humedad %	Cenizas Totales	Fibra cruda
C5M1	047-240624	35.52	64.48	1.88	2.95
C5M2	048-2406-24	36.48	63.52	1.98	2.75
C3M1	049-2406-24	38.50	61.50	1.68	2.75
C3M2	050-2406-24	39.93	60.07	1.38	2.05
C4M1	051-2406-24	29.18	70.82	3.72	3.11

C4M2	052-2406-24	37.43	62.57	2.01	2.49
C2M1	053-2406-24	36.45	63.55	1.82	2.18
C2M2	054-2406-24	32.62	67.38	2.61	3.18
C1M2	055-2406-24	31.77	68.23	2.73	2.27

Fuente: Laboratorio de bromatología Dirección de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria (2024)

El contenido de almidón en las muestras evaluadas presento variaciones significativas, con valores que oscilaron entre 17.29% (C4M1) y 27.11% (C3M1). Las muestras C3M1 y C3M2, mostraron los valores más altos, lo cual sugiere un posible rendimiento potencial en la extracción de fécula, siendo adecuados para fines industriales. En contraste, las muestras CQP7-10M, C5M1 y C4M2 reflejaron bajos porcentajes de almidón, posiblemente debido al alto contenido de fibra o presencia de sólidos no amiláceos.

Jiménez y Martínez (2016), por su parte, reportaron un rendimiento del 14 % en la obtención de almidón a partir de la variedad de yuca Guayape, valor inferior al señalado por Eguez et al. (1990), quienes obtuvieron un 16.6 % en otra variedad. Esta diferencia se atribuye tanto a la variabilidad genética como al método de extracción empleado y a factores agronómicos, como el exceso de agua en el tubérculo antes de la cosecha, lo cual reduce el contenido de almidón disponible (Jiménez y Martínez, 2016; Moreno y Gourdji, 2015).

Por otro lado, Cassava Processing (2023) indica que “el contenido de almidón de la yuca cruda afecta el rendimiento final de la producción de almidón. Las diferentes variedades de yuca tienen un contenido de almidón diferente, que oscila entre el 20 y el 30 %” (párr. 2, traducción propia). Estos datos coinciden con los informados por Gallego Castillo y García Ágredo (2015), quienes indican que las raíces de yuca contienen una cantidad significativa de almidón con rangos de entre el 22 % y el 27 % (p. 4).

Estos resultados los cuales se muestran en la siguiente figura, resaltan la importancia del tipo de variedad empleada de los controles en el proceso de extracción para maximizar el aislamiento del almidón, según la literatura técnica, indico que valores por debajo del 20% de almidón, pueden limitar el aprovechamiento industrial y económico del producto final.

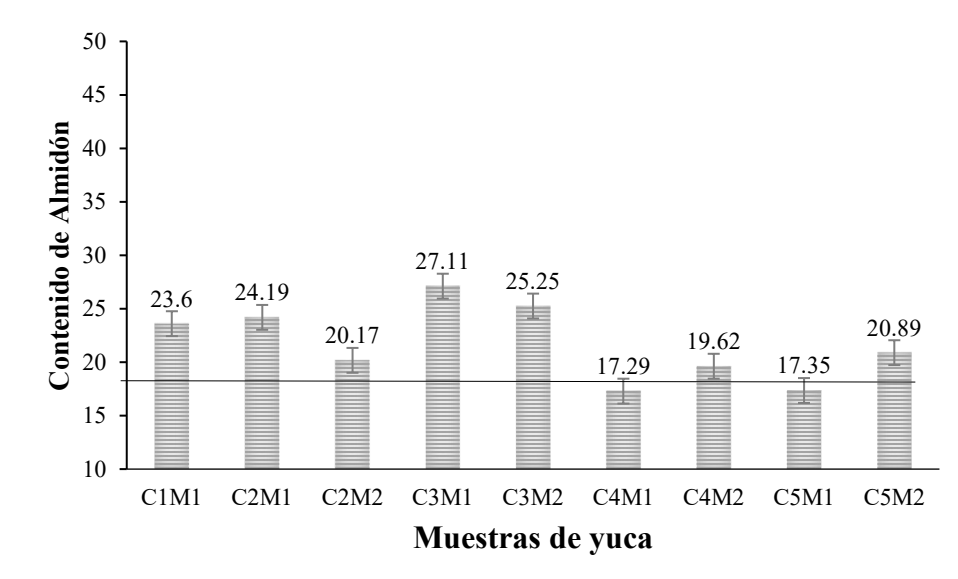


Figura 4. Contenido de almidón en muestras de yuca. Fuente: Elaboración propia

5.2 Rendimiento de producción de harina y fécula a escala de laboratorio de los clones de yuca identificados

Para la evaluación del rendimiento de producción de harina y fécula a escala de laboratorio, se procesaron 40 muestras por cada producto, correspondientes a las unidades experimentales establecidas en el diseño experimental.

Cada muestra se elaboró a partir de un peso inicial de 150 g de porción aprovechable de los clones de yuca previamente seleccionados y clasificados según el tratamiento y repetición correspondiente.

Las operaciones unitarias aplicadas durante la elaboración de la harina y fécula se describen en las figuras cinco y seis respectivamente, las cuales presentan el diagrama de bloques del procedimiento experimental empleado.

A partir de estos procedimientos se determinaron los datos de rendimientos de harina y fécula, los cuales fueron sometidos a análisis estadístico con el propósito de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Figura 5. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de yuca

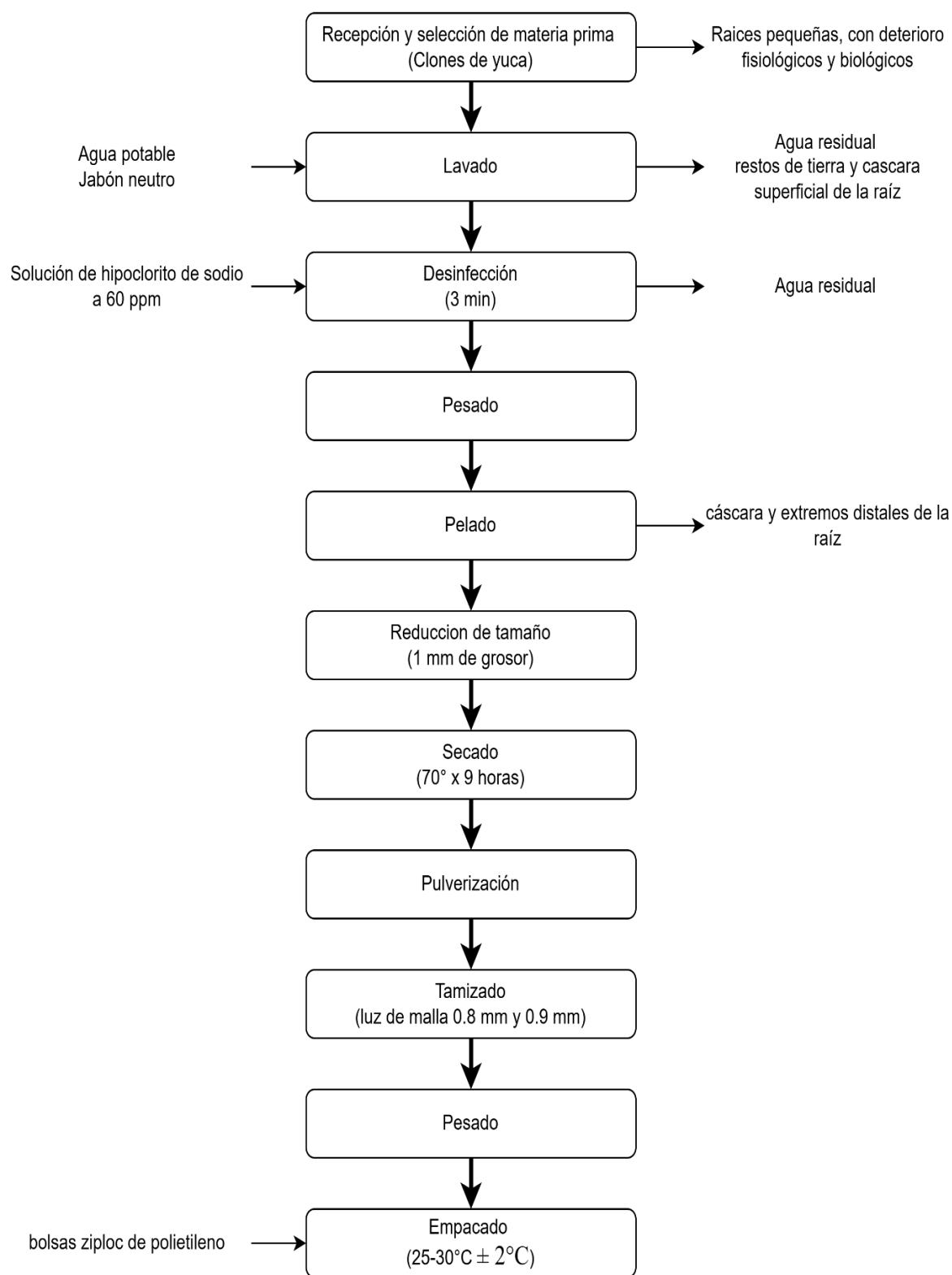
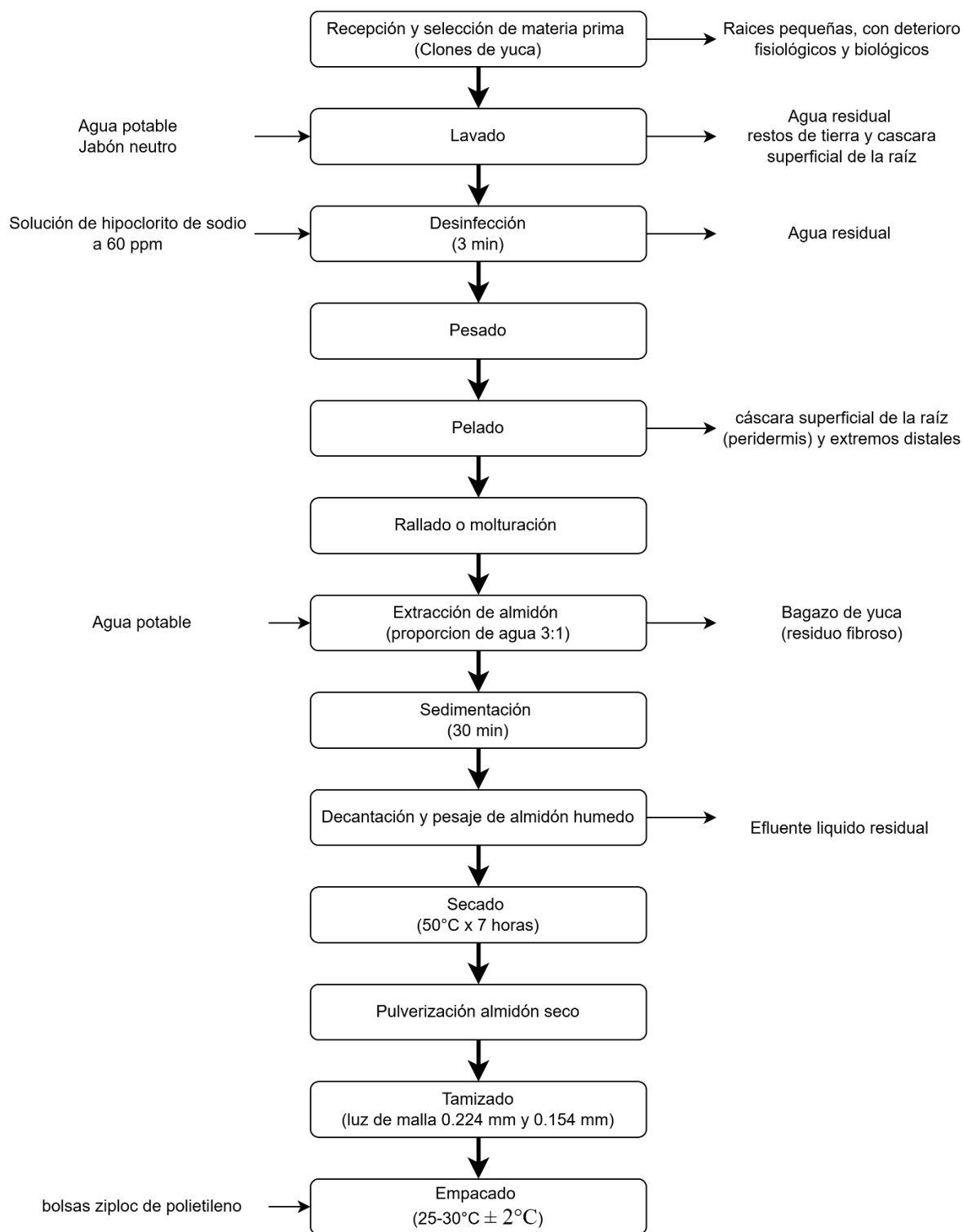


Figura 6. Diagrama de bloque del proceso de elaboración de fécula de yuca



Como se muestra en el cuadro 11, el tratamiento diez, presentó el mayor rendimiento tanto en harina (59.95 g) como en fécula (27.1 g). El análisis de varianza y el modelo lineal general evidenciaron un adecuado ajuste del modelo, reflejando un coeficiente de determinación (R^2) satisfactorio y un coeficiente de variación (CV) inferior al 15%, lo que indica baja dispersión de los datos respecto a la media y adecuada homogeneidad experimental. Así mismo se identificaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. (véase anexos cuatro y cinco).

Cuadro 11. Resumen resultados rendimiento de harina y fécula mediante procedimientos ANOVA y GLM

Procedimiento	Producto	Trat	Rto. g	R^2	R^2 -Ajustado	%CV	Pr > F P-valor
Proc-ANOVA	Harina	T10	59.95	0.67	0.53	10.45	0.0001
	Fécula	T10	27.1	0.82	0.74	11.6	< 0.0001
Proc-GLM	Harina	T10	59.95	0.67	-	10.446	0.0001
	Fécula	T10	27.1	0.818	-	11.59	< 0.0001

5.3 Propiedades fisicoquímicas de muestras de harinas y féculas

Estas propiedades se llevaron a cabo conforme a los criterios establecidos en la versión más actualizada de la norma CODEX STAN CXS 176-1989, enmendada en 2023, utilizada como referencia normativa oficial para la harina. Para el caso de la fécula, se empleó el proyecto de norma CD-ARS-846-2014 como marco normativo. Los parámetros analizados incluyeron materia seca, humedad, cenizas totales, fibra cruda y tamaño de partículas.

Evaluación de tamaño de partículas en muestras de harinas

En cuanto al tamaño de partícula, la normativa establece dos clasificaciones para la harina de yuca: tipo gruesa, cuando al menos el 90 % del producto pasa por un tamiz de 1.20 mm, y tipo fina, cuando dicho porcentaje pasa por un tamiz de 0.60 mm. Para el presente análisis, se emplearon tamices de 0.8 mm y 0.9 mm, cuyos resultados se enmarcan en el criterio correspondiente a harina tipo gruesa. Todas las muestras evaluadas cumplieron con este parámetro.

Evaluación del contenido de materia seca en muestras de harina

El estándar para la harina de yuca comestible (Codex Alimentarius, 1989) establece de forma implícita que el contenido mínimo de materia seca debe ser del 87 %. Este valor es respaldado por Gallego Castillo y García Ágredo (2015), quienes proponen un rango promedio del 88 % al 90 % como indicador de calidad óptima (p. 19). En relación con los resultados, todas las muestras analizadas cumplieron con los parámetros establecidos por dicha norma.

Cuadro12. Contenido de materia seca en muestras de harina

Tratamiento	C2M2	C3M1	C3M2	C4M1	C2M1	C5M2	C5M1	C1M2
%MS	95.77	95.7	95.49	95.47	95.08	94.96	94.8	93.67

Evaluación del contenido de humedad en muestras de harina

La normativa establece un límite máximo de 13 % de humedad; no obstante, autores como Gallego Castillo y García (2015) proponen un rango óptimo entre 10 % y 12 %. Las muestras evaluadas cumplieron con este parámetro al presentar valores por debajo del límite establecido. Sin embargo, al encontrarse notablemente por debajo del rango sugerido por la literatura, podrían haberse comprometido algunas propiedades funcionales del producto y en el rendimiento, generando costos adicionales debido a un secado innecesariamente prolongado.

Cuadro 12. Contenido de humedad en muestras de harina

Tratamiento	C1M2	C5M1	C5M2	C2M1	C4M1	C3M2	C3M1	C2M2
%H	6.33	5.2	5.04	4.92	4.53	4.51	4.3	4.23

Evaluación del contenido de cenizas totales en muestras de harina

La normativa permite un contenido máximo de 3 % de cenizas totales; no obstante, Nilusha (2021) sugiere un rango óptimo entre 1.0 % y 1.6 % para aplicaciones industriales, ya que no solo asegura un producto limpio y funcionalmente estable, sino que también favorece su uso como sustituto parcial o total de harinas tradicionales, cumpliendo con los requisitos de calidad y sostenibilidad nutricional (p.5).

En correspondencia con lo anterior, todas las muestras analizadas cumplieron con el parámetro normativo; sin embargo, la muestra C4M1 presentó un valor cercano al límite permitido, lo cual podría indicar una posible deficiencia durante su procesamiento.

Cuadro 14. Contenido de Cenizas totales en muestras de harinas

Tratamiento	C1M2	C2M1	C2M2	C3M1	C3M2	C4M1	C5M1	C5M2
% CT	2.27	2.08	1.75	1.57	1.31	2.96	1.93	2.28

Evaluación del contenido de fibra cruda en muestras de harina

En cuanto al contenido de fibra cruda, la norma oficial establece un límite máximo de 2.0% (base seca). Aunque algunos autores como Gallego Castillo y García (2015) mencionan un rango aceptable de 1–3% en ciertos contextos, este valor no sustituye lo establecido normativamente. En el análisis realizado, todas las muestras de harina superan el límite permitido, por lo que se consideran fuera de especificación. La muestra con mayor contenido de fibra fue C5M2, lo que sugiere deficiencias en el pelado, tamizado o selección de la materia prima.

Cuadro 15. Contenido de Fibra cruda en muestras de harinas

Tratamiento	C1M2	C2M1	C2M2	C3M1	C3M2	C4M1	C5M1	C5M2
% CT	2.5	2.23	2.53	2.59	2.55	3.81	3.89	4.18

Evaluación de tamaño de partículas en muestras de fécula

El proyecto de norma CD-ARS-846-2014 establece que al menos el 95 % del producto debe pasar por un tamiz con un tamaño de partícula comprendido entre 100 y 140 micras (0.140 mm). En el presente estudio, se empleó un tamiz de 0.154 mm, seleccionado por ser el disponible y el más cercano al rango especificado en la norma. De este modo, todas las muestras analizadas cumplen satisfactoriamente con este requisito.

No obstante, pese a que la diferencia de 14 micras es mínima, dicha variación podría influir en la textura final del producto, así como en la precisión de los resultados en las pruebas de calidad y en su posterior aplicación. En este contexto, Aristizábal y Sánchez (2007) sugieren que el 99

% del producto debe pasar por un tamiz de malla 100, equivalente a 0.150 mm, lo cual corrobora la validez de los resultados obtenidos en comparación con los valores reportados en la literatura especializada (p. 113).

Evaluación del contenido de materia seca en muestras de fécula

El proyecto establece de forma indirecta que el contenido mínimo de materia seca debe ser igual o superior al 88%. En concordancia, Jiménez y Martínez (2016) reportaron valores de hasta un 90% de materia seca en sus estudios. En este contexto, todas las muestras evaluadas cumplieron satisfactoriamente con este parámetro, mostrando resultados comparables a los reportados por otros autores y al referencial normativo.

Cuadro 16. Contenido de materia seca en muestras de fécula

Tratamiento	C3M1	C5M2	C5M1	C1M2	C4M1	C2M2	C3M2	C2M1
%MS	91.51	91.15	91.07	90.81	90.61	90.45	90.36	90.28

Evaluación del contenido de humedad en muestras de fécula

En cuanto al contenido de humedad, el proyecto de norma establece un límite máximo del 12%. Las muestras analizadas en este estudio cumplieron a cabalidad con dicho requisito, ya que todas presentan valores inferiores al límite permitido. Jiménez y Martínez (2016) destacan que la humedad es un factor crítico que depende tanto de la calidad de la materia prima como del método de extracción y de las condiciones aplicadas durante la etapa de secado.

En su investigación reportan un valor de 9.68%, y afirman que un contenido de humedad inferior al 10% resulta conveniente para evitar el deterioro del almidón durante su almacenamiento (p. 64). Por su parte, Aristizábal y Sánchez (2007) señalan que los niveles óptimos de humedad oscilan entre un 10 y 13% como máximo, lo cual refuerza la coherencia de los resultados experimentales obtenidos en esta investigación con los valores reportados en la literatura técnica, respaldando así la conformidad del producto con los criterios normativos establecidos (p. 113).

Cuadro 17. Contenido de humedad en muestras de fécula

Tratamiento	C2M1	C3M2	C2M2	C4M1	C1M2	C5M1	C5M2	C3M1
%H	9.72	9.64	9.55	9.39	9.19	8.93	8.85	8.49

Evaluación del contenido de cenizas totales en muestras de fécula

En el caso del análisis de cenizas, el proyecto de norma no contempla las cenizas totales, ya que solicita específicamente la medición de cenizas sulfatadas. Tal como señala Kumar (2023), a diferencia del análisis de cenizas totales que puede incluir tanto residuos orgánicos como inorgánicos, la determinación de cenizas sulfatadas se enfoca exclusivamente en cuantificar impurezas inorgánicas, lo cual permite una evaluación más precisa en productos que requieren altos estándares de pureza.

Por esta razón, se recurrió a investigaciones técnicas similares como referencia comparativa para validar los datos obtenidos.

Se registraron valores entre 0.08 y 0.18 % para las muestras CQP7-10M, CAP7-10M, CAP10-MAS y CPP7-10M, las cuales se encuentran dentro del rango estándar propuesto por Aristizábal y Sánchez, quienes sugieren un contenido de cenizas totales inferior al 0.12 %. Asimismo, la mayoría de las muestras coinciden con los valores reportados por Jiménez y Martínez, quienes indicaron niveles más elevados, de hasta 0.3 %. Sin embargo, las muestras CSP7-10M y CSP10-MAS presentaron niveles significativamente superiores, con valores de 1.30 % y 1.33 %, respectivamente.

Cuadro 18. Contenido de Cenizas totales en muestras de fécula

Trat	Cenizas totales%	Aristizábal y Sánchez Max: 0.12%	Jiménez y Martínez Max: 0.3%
C1M2	0.26	NC	C
C2M1	0.11	C	C
C2M2	0.13	C	C
C3M1	0.18	NC	C

C3M2	0.23	NC	C
C4M1	0.08	C	C
C5M1	1.3	NC	NC
C5M2	1.33	NC	NC

C: Cumple; NC: No cumple

Evaluación del contenido de fibra cruda en muestras de fécula

En relación con la fibra cruda, el proyecto de norma establece un límite máximo permitido de 0.2 %, el cual es considerablemente bajo en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación. La muestra con el menor contenido registrado fue CAP7-10M, con un valor de 0.95 %, superando ampliamente el umbral normativo y, por tanto, incumpliendo este requisito de calidad.

En contraste, estudios como el de Jiménez y Martínez (2016) reportaron valores de fibra cruda de hasta 0.17 %, mientras que Ayetigbo (2018) señala que el almidón de yuca se caracteriza por su bajo contenido de fibra, comúnmente en el rango de 0.10–0.15 %. Este autor también destaca que el contenido de fibra en las raíces de yuca está condicionado por la variedad genética y la edad de la cosecha.

En este sentido, se ha observado que tienden a presentar concentraciones de fibra más elevadas (0.62 % a 4.92 %) que las de pulpa amarilla o crema, tendencia que igualmente se manifiesta en productos procesados de yuca.

Cuadro 19. Contenido de Fibra cruda en muestras de fécula

Tratamiento	C1M2	C2M1	C2M2	C3M1	C3M2	C4M1	C5M1	C5M2
%H	1.29	1.43	1.11	1.58	1.63	0.95	1	1.89

5.4 Estimación de costo unitario de producción de muestra con mayor rendimiento de harina y fécula

Para la estimación de los costos unitarios de los productos, el costo energético empleado se determinó con base en las tarifas oficiales publicadas por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE, 2025). En cuanto a los costos de servicios de agua potable, se tomó como referencia el

precio promedio por metro cubico publicado por el Banco Central de Nicaragua (BCN, 2025). La estimación de la mano de obra se realizó considerando el acuerdo de salario mínimo en el sector de industria manufacturera establecido por la Comisión Nacional de Salario Mínimo (CNSM, 2025).

En el cuadro 20 se muestran de manera condensada los costos de la muestra con mayor rendimiento en lo que concierne al producto de fécula. El costo para la producción de 27 gramos de fécula o almidón de yuca obtenidos fue de aproximadamente 0.50 centavos de córdobas por gramo.

Cabe aclarar que debido al reducido tamaño de la muestra y el uso de equipos eléctricos de alta demanda energética generó un costo operativo relativamente elevado, no debe interpretarse como un indicador económico o comercial, sino únicamente como una representación del gasto asociado al desarrollo experimental del estudio, pues no constituye un valor económico extrapolable.

Producto: Fécula de yuca-Muestra T10 (C5M2)

Proporción de conversión de rendimiento: Un kilogramo de yuca fresca produce 0.18kg de fécula o almidón nativo. (18% rendimiento).

Este rendimiento obtenido se asemeja a los valores reportados por Aristizábal y Sánchez quienes refieren que la eficiencia de extracción de almidón a escala artesanal y semi mecanizada oscila entre el 17-25%, esto en dependencia de la metodología y equipos empleados para su obtención. (2007, p. 50-51)

Cuadro 20. Costo unitario de producción muestra de mayor rendimiento en fécula

Ítem	UM	Cantidad	Total, C\$
Materiales Directos			
Materia prima	g	150	1
Subtotal			1
Mano de obra directa	Unid		

	1	6.20	
Subtotal			6.20
Costos Indirectos Fijos			
Agua	m ³	0.0009	0.01
Energía	Kw/h	0.885	5.78
Depreciación de tamices	Unid	2	0.02
Depreciación equipos electrónicos	Día	3	0.504
Subtotal			6.314
Total, Costo C\$			13.514

En el cuadro 21 se presentan de forma condensada los costos asociados a la elaboración de la muestra con mayor rendimiento en lo que concierne a producción de harina. El costo para la producción de 59.95 gramos de harina de yuca fue de aproximadamente de 0.25 centavos de córdobas por gramo.

Es importante señalar que el valor estimado corresponde exclusivamente al costo operativo de la muestra a escala de laboratorio, por lo que no debe interpretarse como un indicador económico o comercial, sino únicamente como referencia del gasto asociado al desarrollo experimental del estudio siendo no extrapolable.

Producto: Harina de yuca-Muestra T10 (C5M2)

Proporción de conversión de rendimiento: Un kilogramo de yuca fresca produce 0.40kg de harina de yuca. (40% rendimiento).

Cuadro 21. Costo unitario de producción de muestra con mayor rendimiento en harina

Ítem	UM	Cantidad	Total, C\$
Materiales Directos			

Materia prima	g	150	1
Subtotal			1
Mano de obra Directa	Unid		
	1	6.20	
Subtotal			6.20
Costos Indirectos Fijos			
Agua	m^3	0.0003	0.004
Energía	Kw/h	1.127	7.37
Depreciación de tamices	Unid	2	0.001
Depreciación equipos electrónicos	Día	2	0.481
Depreciación de mandolina	Dia	1	0.0003
Subtotal			7.85
Total, Costo C\$			15.05

VI. CONCLUSIONES

Cada clon de yuca evaluado mostró una caracterización fisicoquímica aceptable y similar a la de otras investigaciones, uno de los análisis microbiológicos de la materia prima presentó recuentos de mohos y levaduras superiores al límite técnico de referencia (1 000–5 000 UFC/g), lo que evidencia problemas de deterioro postcosecha atribuibles a la alta perecibilidad de la yuca, sin embargo, con un buen manejo postcosecha y controles efectivos de desinfección y procesamiento se puede aprovechar de manera efectiva.

Todos los clones evaluados estadísticamente demostraron ser aptos para su implementación en la producción de harina y fécula de yuca. El tratamiento diez, correspondiente al clon Señorita con un rango de madurez fisiológica superior a diez meses, presentó el mejor desempeño en términos de rendimiento, tanto en harina (40%) como en fécula (18%), siendo estadísticamente superior ($p < 0.05$). Se evidenció que los factores evaluados como el tipo de clon y tiempo de madurez fisiológica influyen significativamente tanto en la calidad como en el rendimiento de los productos obtenidos.

Las propiedades fisicoquímicas de las harinas y féculas obtenidas cumplieron, en términos generales, con los parámetros establecidos por las normas internacionales y referencias técnicas (CODEX STAN CXS 176-1989 y CD-ARS 846:2014), particularmente en cuanto a contenido de humedad y cenizas. No obstante, la variabilidad observada entre clones en los contenidos de fibra cruda y cenizas sugiere que no todos son igualmente adecuados para productos que exigen alta pureza, como es el caso del almidón para uso alimentario.

El costo unitario obtenido de la muestra con mayor rendimiento de harina y fécula a escala de laboratorio fue considerablemente superior al reportado con otras investigaciones. Esta diferencia se justifica principalmente por el uso de equipos de laboratorio de alta precisión y elevado consumo energético, cuyo costo operativo no se ve compensado al trabajar con volúmenes reducidos de materia prima, como es el caso de este estudio. Dado que las muestras procesadas fueron de tamaño limitado, los costos por unidad aumentaron de manera significativa. Por lo tanto, los valores obtenidos no deben de interpretarse como representativos de una escala productiva real ni extrapolables, sino como una referencia experimental destinada a evaluar la factibilidad técnica del procedimiento.

VII. RECOMENDACIONES

Fomentar capacitación a los pequeños productores de las zonas de incidencia en el estudio sobre el valor agregado y transformación de los tubérculos de yuca en harina y fécula, aprovechando los clones locales y reducir la dependencia de almidones importados.

Realizar una validación sensorial y funcional (Calor, viscosidad y textura) de los productos obtenidos, para implementarlos como insumo alimentario directo en la elaboración de productos terminados.

Promover el uso del Clon de mayor rendimiento (Señorita mayor a diez meses de madurez) en proyectos productivos locales y microempresas dedicadas a este rubro por su alto rendimiento dual (Harina/Fécula) y mayor vida útil.

Establecer protocolos de cosecha y procesamiento inmediato (menor a las 48 horas después de cosechada las raíces) para evitar su deterioro fisiológico y microbiológico, específicamente en clones con menor vida útil como los clones algodón, Quintalera y Tica.

Para la amortización de los costos productivos de los productos implementar un uso eficiente de los recursos empleados, metodologías, recursos y tecnologías adecuadas que permitan establecer una estandarización de proceso de alta rentabilidad.

Implementar sistemas de secados eficientes y controlados como túneles solares, especialmente para zonas donde no se dispone de servicio eléctrico.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, L. (2020, 12 de junio). *Cómo calcular el precio unitario de un producto o servicio (con fórmulas)* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=cTSU5JK0F40>
- Alvarado Tay-Lee, L. G. (2009). *Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio institucional. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6645>
- Aponte Sierra, I., G. y Collachagua Espinoza, D., P. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum vulgare) por harina de yuca (Manihot esculenta) en la elaboración de galleta crocante fortificado con fibra*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/469>
- Aristizábal, J. Y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/a1028s>
- Astraway. (2021). *Clasificación de los costos de producción: materiales, mano de obra y costos indirectos*. astraway.com
- Avellán Castellón, J. R., Castro Sobalvarro, A. K., y Martínez Espinoza, E. M. (2016) *Producción y comercialización de yuca en la comunidad las flores del departamento de Masaya*. [Monografía, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio institucional <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/9916>
- Ayetigbo, O., Latif, S., Adebayo, A., & Müller, J. (2018). A review on cassava starch physicochemical properties of selected cassava varieties, and strategies for improvement. Food Reviews International, 34(8), 757–792. doi.org
- Banco Central de Nicaragua (2025). *Precios promedio de servicios de agua potable*. <https://bcn.gob.ni/sites/default/files/estadisticas/precios/Energia/2-16.htm>

- Banco Central de Nicaragua. (21 de marzo de 2023) *presidente del BCN expone resultados de reunión del sistema nacional de producción, consumo y comercio*. <https://www.bcn.gob.ni/divulgacion-prensa/presidente-del-bcn-expone-resultados-de-reuni%C3%B3n-del-sistema-nacional-de-0>
- Basic Farm. (2021). Qué son los análisis microbiológicos y qué tipos existen. <https://basicfarm.com/blog/definicion-tipos-Análisis-microbiologicos/>
- Cassava Processing. (2023). *Factors affecting cassava starch processing yield*. cassavaprocessing.com
- Codex Alimentarius. (1989). *Norma para la harina de yuca comestible* (CXS 176-1989). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Organización Mundial de la Salud. fao.org
- Comisión Nacional de Salario Mínimo (2025). *Acuerdo de salario mínimo 2025 [PDF]*. <https://cam.gob.ni/wp-content/uploads/2025/02/Acuerdo-Salario-Minimo-2025.pdf>
- Delgado, F. (2018, 14 de diciembre). *Ejercicio de costo unitario* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=D1l9J_ZwK5Q
- De Pablos, V. (2024, agosto 27). *El análisis microbiológico de alimentos para la detección de patógenos*. Traza. <https://www.traza.net/2024/08/27/Análisis-microbiologico-alimentos/>
- Desse, G., & Taye, M. (2001). *Microbial load and Microflora of Cassava (Manihot esculenta Crantz) and effect of Cassava Juice on some food borne pathogens*. *Journal of Food Technology in Africa*, 6(1), 21-24. <https://doi.org/10.4314/jfta.v6i1.19279>
- Eguez, J., Villamayor, F., & Allem, A. (1990). *Rendimiento y contenido de almidón en variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- ENVISOLID. (2023). *Importancia del tamizado en la industria alimentaria y química*. Linked in . <https://es.linkedin.com/pulse/importancia-del-tamizado-en-la-industria>

- Emjuvi SL. (2020). Maquinaria industrial de ocasión. Tamizado de sólidos y tamices. <http://emjuvi.com/blog/p-tamizado-de-solidos-y-tamices>
- Food Safety and Standards Authority of India. (2016). *Manual of methods of microbiological testing of foods* (Draft version) [PDF]. Recuperado de https://fssai.gov.in/upload/uploadfiles/files/Microbiological_Testing_Foods_Draft_Manual_06_09_2016.pdf
- Fronza, P., Costa, A. L. R., Franca, A. S., & De Oliveira, L. S. (2023). Extraction and characterization of starch from cassava peels. *Starch - Stärke*, 75(3-4), 2100245. <https://doi.org/10.1002/star.202100245>
- Gallego Castillo, S., y García Ágredo, J. A. (2015). Producción y usos de harina refinada de yuca [PDF]. Recuperado de <https://fundacion.compas.com.co/Portals/0/Documentos/Producci%C3%B3n%20y%20usos%20de%20harina%20refinada%20de%20yuca.pdf>
- Guzmán, G., & Castellón, R. (2010). *Diagnóstico de la Agroindustria Rural en Nicaragua*. 2010. Instituto de Desarrollo Rural (IDR) y Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (FAO). <https://es.scribd.com/document/138102762/Diagnostico-Agroindustria-Rural-Nicaragua>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., y Betancur-Ancona, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718-726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Hernández Estrada, M. y Gómez Moncada R. (2022). *Evaluación del quequisque de la variedad lila (Xanthosoma violaceum) para la elaboración de harina y dos subproductos agroindustriales derivados de la misma, a escala de laboratorio*. [Tesis de ingeniería,

- Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4526>
- Institute of Food Science and Technology *IFST*. (2021). Análisis Microbiológico: Consideraciones Clave. <https://www.ifst.org/resources/information-statements/microbiological-analysis-key-considerations>
- Instituto Nicaragüense de Energía (2025). *Electricidad-Tarifas de energía eléctrica*.
https://www.ine.gob.ni/?page_id=109411
- Jiménez Ramos, E. y Martínez De la cruz S. (2016) *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad Guayape*. [Tesis para optar al título de Ing. En industria alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/865>
- Kumar, V. (2023, 8 de mayo). *Test for sulphated ash and total ash*. Infinita Lab.
<https://infinitalab.com/blogs/test-for-sulphated-ash-and-total-ash/>
- López, L., Melo, O., y Melo, S. (2007). *Diseño de experimentos* (ISBN 978-958-701-815-8). Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83614>
- Maldonado A. (2020). *Harinas sucedáneas* [Diapositivas de PowerPoint]. Región del callao, Gobierno Regional. <https://es.slideshare.net/AndersonMALDONADO9/harinas-sucedaneas>
- Martínez-Hernández, C. M., & Brito-Castillo, I. (2019). *Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(2).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542019000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Méndez Ventura, J. G. (2020). *Manual de prácticas de análisis de alimentos*. Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. uv.mx

- Moreno, M., & Gourdji, S. (2015). *Guía técnica: El cultivo de la yuca*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). inta.gob.ni
- Mowers, R., Harbur, M. L., Moore, K., Merrick, L., Mahama, A. A., & Suza, W. (2023). *Chapter 9: Two factor anovas*. <https://iastate.pressbooks.pub/quantitativeplantbreeding/chapter/two-factor-anovas/>
- Nicaragua K., Pavón F. y Chavarría E. (2004) *Manejo integrado de plagas; guía del MIP del cultivo de la yuca*. 1ra. Edición. Managua, Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10N583.pdf>
- Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P., & Jayasinghe, C. V. L. (2021). Proximate composition, physicochemical, functional, and antioxidant properties of flours from selected cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *International Journal of Food Science*, 2021, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2021/6064545>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2020). *Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos*.
- Osorio Henao S. (2004) *Estudio tecnológico de la utilización de la harina de yuca en panificación*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/66171/tesis_panificacion.pdf?sequence=1
- Oyarzún, G. (2023). *Cómo calcular el costo unitario: Fórmula y ejemplos*. <https://espacioempresa.com/emprendedores/costo-unitario-formula-ejemplos/>
- Rissole. (2024, 21 de agosto). *Diferencias entre el almidón y la fécula*. LinkedIn. [linkedin.com](https://www.linkedin.com)
- Sánchez, A. (2014, diciembre). *Costos estimados* [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Zimapan.

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/zimapan/contaduria/2014-2/costos.pdf

- Sarria S., Hurtado D. y Tamayo J. (2019). *Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de Quinua y Chontaduro*. SCIELO 30(5), 3-10.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Vargas, G. (2010). *Caracterización morfológica y agronómica de variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. una.edu.ni
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). *Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos*. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278.
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato de recolección de datos para identificación de clones de yuca



Universidad
Nacional Agraria
Escuela Técnica
Campesina
"Sebas Parra"



Encuesta a productores de Yuca de la Escuela Técnica Campesina "Sebas Parra"

Objetivo de la encuesta

Recopilar información para la identificación de productores que disponen de materia prima para investigación de desarrollo de fécula y harina de yuca con clones de comunidades locales

Nombres y apellidos _____

Nombre de la finca o localidad en la que reside _____

¿Cultiva yuca en su finca o parcela?

Sí _____ No _____

¿Nombre de clones que cultiva?

¿En qué época del año cosecha?

¿Qué tipo de manejo emplea en el cultivo de yuca?

Control de plagas _____ Uso de fertilizantes _____ Uso de agroquímicos _____

Control de malezas _____ Otros _____

¿A los cuantos meses realiza la cosecha del cultivo de yuca?

A los siete meses _____ A los ocho meses _____ más de diez meses _____

Cantidad de terreno cultivado _____

Producción de acuerdo con el terreno cultivado _____

Cantidad de yuca para autoconsumo _____

Cantidad de Yuca para comercialización _____

¿Actualmente tiene cultivos de yuca establecidos? Si _____ No _____

Clones de yuca establecidos actualmente _____

Época estimada de cosecha _____

Anexo 2. Formato de inspección preliminar y recolección de datos de características biométricas de muestras de clones de yuca.

Código de muestra:

Fecha:

Descripción general de la muestra:

Inspección preliminar de daños

Ausencia de daños mecánicos Si ☐ No ☐

(La raíz no presenta cortes, golpes, fisuras o grietas en las raíces que puedan generar hematomas internos que aceleren el deterioro de la muestra).

Ausencia de daños biológicos Si ☐ No ☐

(La raíz está libre de manchas oscuras o negras en la corteza, pulpa blanda o mal olor en las raíces, perforaciones por insectos que aceleren el deterioro de la muestra).

Variable evaluada	Descripción operacional	Unidad de medida	Instrumento/técnica	Registro de datos: tres repeticiones por muestra		
				M1	M2	M3
Longitud de raíz	Longitud total desde la base hasta el extremo distal	Cm	Cinta métrica			
Diámetro de raíz	Medida del grosor en la parte media de la raíz	Cm	Regla graduada			
Porción Aprovechable	Relación entre el peso de la raíz pelada y el peso total de la muestra	g / %	Balanza analítica $P.A = \frac{\text{peso pulpa}}{\text{peso muestra}} \times 100\%$			
Residuos generados	Peso de cascara,	g / %	Balanza analítica			

(porción no aprovechable)	trozos y partes no aprovechables de la raíz para el proceso		$P.N.A = \frac{\text{peso residuos}}{\text{peso muestra}} \times 100\%$			
---------------------------	---	--	---	--	--	--

Observaciones generales:

Responsable:

Firma:

Anexo 3. Formato de monitoreo de deshidratación de muestras de harina y fécula

Numero de tratamientos:

Fecha:

Numero de repeticiones:

Producto en evaluación:

Equipo o maquinaria utilizada:

Cod. Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Peso inicial	Peso final	Perdida de humedad (%)

Observaciones generales:

Responsable:

Firma:

Anexo 4. Análisis estadístico Proc GLM en software SAS para rendimiento de fécula y harina

Análisis de varianza 1

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Traet	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9
Rep	4	1 2 3 4

N.º observaciones leídas	40
---------------------------------	----

Número de observaciones usadas	40
---------------------------------------	----

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RendFec

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	12	730.8230000	60.9019167	10.12	<.0001
Error	27	162.5547500	6.0205463		
Total corregido	39	893.3777500			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RendFec
0.818045	11.59721	2.453680	21.15750

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Traet	9	717.9402500	79.7711389	13.25	<.0001
Rep	3	12.8827500	4.2942500	0.71	0.5526

Análisis de varianza 1

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RendHar

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	12	1704.376000	142.031333	4.66	0.0004
Error	27	823.281750	30.491917		
Total corregido	39	2527.657750			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de Rend Har
0.674291	10.44686	5.521949	52.85750

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Traet	9	1663.645250	184.849472	6.06	0.0001
Rep	3	40.730750	13.576917	0.45	0.7226

Procedimiento GLM

Tests de hipótesis para el análisis del modelo aleatorio de la varianza

Variable dependiente: RendFec

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Traet	9	717.940250	79.771139	13.25	<.0001
Rep	3	12.882750	4.294250	0.71	0.5526
Error: MS(Error)	27	162.554750	6.020546		

Procedimiento GLM

Tests de hipótesis para el análisis del modelo aleatorio de la varianza

Variable dependiente: RendAri

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
---------------	-----------	--------------------	-----------------------------	----------------	------------------

Traet	9	1663.645250	184.849472	6.06	0.0001
Rep	3	40.730750	13.576917	0.45	0.7226
Error: MS(Error)	27	823.281750	30.491917		

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para RendFec

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	6.020546
Valor crítico del rango estudentizado	4.86445
Diferencia significativa mínima	5.9679

Las medias con la misma letra no tienen diferencias significativas.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Traet
A	27.100	4	T10
A	26.500	4	T4
B	25.400	4	T6
B	23.375	4	T1

B	D	A	C	21.725	4	T2
B	D	E	C	19.675	4	T5
	D	E	C	19.275	4	T3
	D	E	C	18.725	4	T9
	D	E		16.000	4	T8
		E		13.800	4	T7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para RendAri

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	30.49192
Valor crítico del rango estudentizado	4.86445
Diferencia significativa mínima	13.431

Las medias con la misma letra no tienen diferencias significativas.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Traet
A	59.950	4	T10
A	59.825	4	T6

B	A		57.700	4	T2
B	A		56.400	4	T1
B	A		55.350	4	T8
B	A		53.975	4	T4
B	A		53.700	4	T3
B	A	C	46.650	4	T9
B		C	45.700	4	T7
		C	39.325	4	T5

Anexo 5. Análisis estadístico Proc ANOVA en software InfoStat versión gratuita 2014 para rendimiento de Harina.

Nueva tabla_1: 11/3/2025 - 11:24:15 - [Versión: 10/5/2015]

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
R. Har	40	0.67	0.53	10.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1704.38	12	142.03	4.66	0.0004
Trat	1663.65	9	184.85	6.06	0.0001
Rep	40.73	3	13.58	0.45	0.7226
Error	823.28	27	30.49		
Total	2527.66	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.43062

Error: 30.4919 gl: 27

Trat	Mediasn	E.E.			
10.00	59.95 4	2.76	A		
6.00	59.83 4	2.76	A		
2.00	57.70 4	2.76	A	B	
1.00	56.40 4	2.76	A	B	
8.00	55.35 4	2.76	A	B	
4.00	53.98 4	2.76	A	B	
3.00	53.70 4	2.76	A	B	
9.00	46.65 4	2.76	A	B	C
7.00	45.70 4	2.76		B	C
5.00	39.33 4	2.76			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.75792

Error: 30.4919 gl: 27

Rep	Mediasn	E.E.			
3.00	53.93 10	1.75	A		
2.00	53.77 10	1.75	A		
1.00	52.11 10	1.75	A		
4.00	51.62 10	1.75	A		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Análisis estadístico Proc ANOVA en software InfoStat versión gratuita 2014 para rendimiento de fécula.

Nueva tabla: 11/3/2025 - 11:20:51 - [Versión: 10/5/2015]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R. Fec	40	0.82	0.74	11.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	730.82	12	60.90	10.12	<0.0001
Trat	717.94	9	79.77	13.25	<0.0001
Rep	12.88	3	4.29	0.71	0.5526
Error	162.55	27	6.02		
Total	893.38	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.96790*Error: 6.0205 gl: 27*

<u>Trat</u>	<u>Mediasn</u>	<u>E.E.</u>					
T10	27.10	4	1.23	A			
T4	26.50	4	1.23	A			
T6	25.40	4	1.23	A	B		
T1	23.38	4	1.23	A	B	C	
T2	21.73	4	1.23	A	B	C	D
T5	19.68	4	1.23		B	C	D E
T3	19.28	4	1.23			C	D E
T9	18.73	4	1.23			C	D E
T8	16.00	4	1.23				D E
T7	13.80	4	1.23				E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)***Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.00288***Error: 6.0205 gl: 27*

<u>Rep</u>	<u>Mediasn</u>	<u>E.E.</u>	
4.00	22.09	10	0.78 A
3.00	21.13	10	0.78 A
2.00	20.77	10	0.78 A
1.00	20.64	10	0.78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Resultados del análisis químico de las muestras de yuca sin procesar

		Universidad Nacional Agraria Laboratorio de bromatología	
		Formulario del registro de informe de resultados	
LABBRO-F-01-PT-08		Versión 01	Revisión 00

Informe de resultados de análisis bromatológico			
Nombre y Apellido:	Proyecto de Investigación FAO	Tipo de muestra:	Materia Prima
Procedencia:	Tesistas	Nº de muestras:	9
Dirección:	DECA UNA	Fecha de recepción:	24/06/2024
E-mail:	suarezmedina@gmail.com	Fecha de entrega:	08-07-2024
Teléfono:	78559243	Nº de solicitud:	009-06-24

ID muestra	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Cenizas Totales (%)	Fibra Cruda (%)
047-2406-24	35.52	64.48	1.88	2.95
048-2406-24	36.48	63.52	1.98	2.75
049-2406-24	38.50	61.50	1.68	2.24
050-2406-24	39.93	60.07	1.38	2.05
051-2406-24	29.18	70.82	3.72	3.11
052-2406-24	37.43	62.57	2.01	2.49
053-2406-24	36.45	63.55	1.82	2.18
054-2406-24	32.62	67.38	2.61	3.18
055-2406-24	31.77	68.23	2.73	2.27

Observaciones:

047-2406-24 ----- VSP 7 A 10M
 048-2406-24 ----- VSP 10AM
 049-2406-24 ----- VPP 7 A 10M
 050-2406-24 ----- VPP 10AM
 051-2406-24 ----- VQP 7 A 10M
 052-2406-24 ----- VQP 10AM
 053-2406-24 ----- VAP 7 A 10M
 054-2406-24 ----- VAP 10AM
 055-2406-24 ----- VTP 10AM

*Metodología: %MS&%H(AOAC 934.01), %Ce(AOAC 942.05) y %FC(AOAC 978.10).

- El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez que ingrese al mismo.
- Los análisis fueron realizados bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- Este resultado hace referencia únicamente a la muestra recibida.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto cuando se haya obtenido previamente el permiso por escrito del cliente.
- Este informe es confidencial entre el cliente y el laboratorio de bromatología.
- Los resultados reportados son en base seca del alimento.

 Lic. Rosario Rodriguez, MSc. Responsable de laboratorio		 Lic. César Quintero Canizales Técnico de laboratorio
---	---	---

Anexo 8. Análisis de contenido de almidón en muestras de yuca



Universidad Nacional de Ingeniería
Dirección de Área de Conocimiento de Agricultura
CENTRO TECNOLÓGICO DE AGROINDUSTRIAS - ALIMENTOS



INFORME DE RESULTADOS DE SERVICIOS DE LABORATORIOS

EMPRESA: ASOCIACION DE EDUCACION POPULAR CARLOS FONSECA AMADOR
ATENCIÓN: ING. SUYEN CORDOBA CHAMORRO
LUGAR Y FECHA: MANAGUA, 10 DE JULIO DE 2024
DIRECCIÓN: TELEFAX.: REF.:
SERVICIOS DE LABORATORIO: ANALISIS ESPECIFICO DE EXTRACCION Y CUANTIFICACION DE ALMIDON DE 9 MUESTRAS.

La Dirección del Área de Conocimiento de Agricultura, a través de la Unidad de Servicios CETEAL, les remite los resultados obtenidos de cuantificación de almidón de NUEVE muestras, las cuales fueron traídas por el cliente y trasladadas al laboratorio de Ingeniería de Alimentos.

Detalle de los resultados

ítem	Variedad de tubérculo	Categoría	Porcentaje de almidón
1	Tica	5- 10 meses	23.60
2	Algodón	7 – 10 meses	24.19
3	Algodón	10 meses a mas	20.17
4	Panameña	7 – 10 meses	27.11
5	Panameña	10 meses a mas	25.25
6	Quintalera	7 – 10 meses	17.29
7	Quintalera	10 meses a mas	19.62
8	Señorita	7 – 10 meses	17.35
9	Señorita	10 meses a mas	20.89

Método: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS; AOAC. 19th Edition, 2012.

El presente informe de resultados consta de una página firmada y sellada.

Elaborado Por,


Ing. Marvin Alfonso Chavarría Molina
Responsable de CETEAL - DACA


Vo.Bo. MSc. Ing. Miguel Fonseca
Director - DACA




Cc.: - Archivo

Unidad de Servicios CETEAL
Universidad Nacional de Ingeniería, Avenida Universitaria Frente a la escuela de Danza
Telefax: (505)2278-3140

Anexo 9 Análisis químico de producto terminado (muestras de fécula y harina)



Universidad Nacional Agraria
Laboratorio de bromatología
Formulario del registro de informe de resultados

LABBRO-F-01-PT-08
Versión 01
Revisión 00

Informe de resultados de análisis bromatológico

Nombre y Apellido: Proyecto de Investigación FAO

Procedencia: Tesistas

Dirección: DECA UNA

E-mail: suarezmedina@gmail.com

Teléfono: 78559243

Tipo de muestra: Producto Terminado

Nº de muestras: 16

Fecha de recepción: 03/10/2024

Fecha de entrega: 12-11-2024

Nº de solicitud: 020-09-24

ID muestra	Descripción Cliente ID	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Cenizas Totales (%)	Fibra Cruda (%)
122-0310-24	CSP 7-10m Harina	94.80	5.20	1.93	3.89
123-0310-24	CSP 10-más Harina	94.96	5.04	2.28	4.18
124-0310-24	CPP 7-10m Harina	95.70	4.30	1.57	2.59
125-0310-24	CPP 10-más Harina	95.49	4.51	1.31	2.55
126-0310-24	CAP 7-10m Harina	95.08	4.92	2.08	2.23
127-0310-24	CAP 10-más Harina	95.77	4.23	1.75	2.53
128-0310-24	CQP 7-10m Harina	95.47	4.53	2.96	3.81
129-0310-24	CTP 10-más Harina	93.67	6.33	2.27	2.50
130-0310-24	CSP 7-10m Fécula	91.07	8.93	1.30	1.00
131-0310-24	CSP 10-mas Fécula	91.15	8.85	1.33	1.89
132-0310-24	CPP 7-10m Fécula	91.51	8.49	0.18	1.58
133-0310-24	CPP 10-mas Fécula	90.36	9.64	0.23	1.63
134-0310-24	CAP 7-10m Fécula	90.28	9.72	0.11	1.43
135-0310-24	CAP 10-mas Fécula	90.45	9.55	0.13	1.11
136-0310-24	CQP 7-10m Fécula	90.61	9.39	0.08	0.95
137-0310-24	CTP 10-mas Fécula	90.81	9.19	0.26	1.29

Observaciones:

***Metodología:** %MS&%H(AOAC 934.01), %Ce(AOAC 942.05) y %FC(AOAC 978.10).

- El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez que ingrese al mismo.
- Los análisis fueron realizados bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- Este resultado hace referencia únicamente a la muestra recibida.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto cuando se haya obtenido previamente el permiso por escrito del cliente.
- Este informe es confidencial entre el cliente y el laboratorio de bromatología.
- Los resultados reportados son en base seca del alimento.



Lic. Rosario Rodríguez, MSc
Responsable de laboratorio





Lic. César Quintero Canizales
Técnico de laboratorio

Campus Universitario Ing. MSc. Tania Beteta Herrera, Cereales El Mejor 1 km. Al lago, 200 m al oeste, celular No: 8787-5216

Anexo 10. Encuestas llenadas con productores de la escuela campesina "Sebas Parras"



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

Universidad Nacional
Agraria
Escuela Técnica Campesina
"Sebas Parra"



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible



Asociación de Educación Popular
Carlos Fonseca Amador



Encuesta a productores de Yuca de la Escuela Técnica Campesina "Sebas Parra"

Objetivo de la encuesta

Recopilar información para la identificación de productores que disponen de materia prima para investigación de desarrollo de fécula y harina de yuca con clones de comunidades locales

Nombres y apellidos Bartolo Domingo Romero
Nombre de la finca o localidad en la que reside Santa Eusa

¿Cultiva yuca en su finca o parcela?

Sí X No

¿Nombre de clones que cultiva?

ceiba, seborita, blanca o Algodón, Quintalera, Panametta.

¿En qué época del año cosecha?

En verano

¿Qué tipo de manejo emplea en el cultivo de yuca?

Control de plagas X Uso de fertilizantes X Uso de agroquímicos X

Control de malezas X Otros herbicidas granosan.

¿A los cuantos meses realiza la cosecha del cultivo de yuca?

A los siete meses A los ocho meses 9 meses. más de diez meses

Cantidad de terreno cultivado 1 manzana

Producción de acuerdo con el terreno cultivado 30 quintales

Cantidad de yuca para autoconsumo 15 quintales el resto para alimentar animal todos

Cantidad de Yuca para comercialización X NO

¿Actualmente tiene cultivos de yuca establecidos? Si VP No

Clones de yuca establecidos actualmente seborita, blanca, seborita

Época estimada de cosecha 9 meses.

Agradecemos su amable colaboración con nuestro compromiso con la educación

4



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

Universidad Nacional
Agraria
Escuela Técnica Campesina
"Sebas Parra"



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible



Asociación de Educación Popular
Carlos Fonseca Amador



Encuesta a productores de Yuca de la Escuela Técnica Campesina "Sebas Parra"

Objetivo de la encuesta

Recopilar información para la identificación de productores que disponen de materia prima para investigación de desarrollo de fécula y harina de yuca con clones de comunidades locales

Nombres y apellidos Eduardo Robles
Nombre de la finca o localidad en la que reside Caño Moiz

¿Cultiva yuca en su finca o parcela?

Sí ☒ No ☐

¿Nombre de clones que cultiva?

Señorita y Yuca Blanca, Ticoi.

¿En qué época del año cosecha?

¿Qué tipo de manejo emplea en el cultivo de yuca?

Control de plagas ☐ Uso de fertilizantes ☐ Uso de agroquímicos ☐

Control de malezas ☐ Otros Nada.

¿A los cuantos meses realiza la cosecha del cultivo de yuca?

A los siete meses ☒ A los ocho meses ☐ más de diez meses ☐

Cantidad de terreno cultivado 3 Manzanas.

Producción de acuerdo con el terreno cultivado 500 sacos

Cantidad de yuca para autoconsumo ☒

Cantidad de Yuca para comercialización ☐

¿Actualmente tiene cultivos de yuca establecidos? Si ☒ No ☐

Clones de yuca establecidos actualmente Señorita y Blanca.

Época estimada de cosecha Abol, ...

12 meses.

Agradecemos su amable colaboración con nuestro compromiso con la educación

6



Universidad Nacional
Agraria
Escuela Técnica Campesina
"Sebas Parra"



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible



Asociación de educación Popular
Carlos Fonseca Amador



Encuesta a productores de Yuca de la Escuela Técnica Campesina "Sebas Parra"

Objetivo de la encuesta

Recopilar información para la identificación de productores que disponen de materia prima para investigación de desarrollo de fécula y harina de yuca con clones de comunidades locales

Nombres y apellidos Maria Robinson Aleman
Nombre de la finca o localidad en la que reside Ciego

¿Cultiva yuca en su finca o parcela?

Sí ☒ No ☐

¿Nombre de clones que cultiva?

Señorita y Blanca o algodón

¿En qué época del año cosecha?

¿Qué tipo de manejo emplea en el cultivo de yuca?

Control de plagas ☐ Uso de fertilizantes ☐ Uso de agroquímicos ☒

Control de malezas ☐ Otros ☐

¿A los cuantos meses realiza la cosecha del cultivo de yuca?

A los siete meses ☒ A los ocho meses ☒ más de diez meses ☐

Cantidad de terreno cultivado 1 Manzana y 3/4.

Producción de acuerdo con el terreno cultivado 192 sacos

Cantidad de yuca para autoconsumo 162 sacos

Cantidad de Yuca para comercialización 30 sacos

¿Actualmente tiene cultivos de yuca establecidos? Si ☒ No ☐

Clones de yuca establecidos actualmente Señorita y Blanca o Algodón

Época estimada de cosecha Cosecha.

11 meses

Agradecemos su amable colaboración con nuestro compromiso con la educación

14



Universidad Nacional
Agraria
Escuela Técnica Campesina
"Sebas Parra"



Encuesta a productores de Yuca de la Escuela Técnica Campesina "Sebas Parra"

Objetivo de la encuesta

Recopilar información para la identificación de productores que disponen de materia prima para investigación de desarrollo de fécula y harina de yuca con clones de comunidades locales

Nombres y apellidos Balbino Blayal
Nombre de la finca o localidad en la que reside Tixtlikanú

¿Cultiva yuca en su finca o parcela?

Sí ☒ No ☐

¿Nombre de clones que cultiva?

Señorita

¿En qué época del año cosecha?

Diciembre

¿Qué tipo de manejo emplea en el cultivo de yuca?

Control de plagas ☐ Uso de fertilizantes ☐ Uso de agroquímicos ☐

Control de malezas ☐ Otros No usa nada.

¿A los cuantos meses realiza la cosecha del cultivo de yuca?

A los siete meses ☐ A los ocho meses ☒ más de diez meses ☐

Cantidad de terreno cultivado 2 Manzana. Pero una manzana chonta.

Producción de acuerdo con el terreno cultivado 300 sacos.

Cantidad de yuca para autoconsumo 30 sacos

Cantidad de Yuca para comercialización 270 sacos

¿Actualmente tiene cultivos de yuca establecidos? Si ☒ No ☐

Clones de yuca establecidos actualmente Señorita.

Época estimada de cosecha Abol.

9 meses tiene cultivada.

Agradecemos su amable colaboración con nuestro compromiso con la educación

15

Anexo 11. Estimaciones de elementos del costo unitario de la muestra de harina y fécula

CÁLCULO SALARIAL		
Salario Bruto	C\$	8,000.46
INSS	C\$	560.03
Salario Neto a recibir	C\$	7,440.43
Salario Anual	C\$	89,285.13
Exceso Excepto	C\$	-
Base Imponible	C\$	-
% IR		0%
IR Anual	C\$	-
IR Mensual	C\$	-
Salario Neto Real a recibir	C\$	7,440.43
Salario Neto Quincenal	C\$	3,720.21
Salario diario	C\$	248.01
salario por hora	C\$	31.00

Costo de adquisición de equipos empleados

Items	Cantidad	Precio USD	Precio C\$
Horno secador JP SELECTA	1	1890	C\$ 69,220.00
Lab sieve 100 mesh 0.154 mm	1	23	C\$ 842.36
Lab sieve 70 mesh 0.224 mm	1	26	C\$ 952.23
Lab sieve 24 mesh 0.8 mm	1	45	C\$ 1,648.09
Lab sieve 20 mesh 0.9 mm	1	25	C\$ 915.60
Mandolina regulable acero inoxidable	1	22	C\$ 805.73
Minimolinillo acero inoxidable	1	30	C\$ 1,098.73
procesador hamilton beach	1	72	C\$ 2,636.94

Depreciación de los equipos empleados a cinco años

Ítem	Lab sieve	Lab sieve 70	Lab sieve 24	Lab sieve 20
Horno secador	100 mesh 0.154 mm	mesh 0.224 mm	mesh 0.8 mm	mesh 0.9 mm
Depreciación por año	C\$ 13,844.000	C\$ 168.472	C\$ 190.446	C\$ 329.618
			C\$ 183.12	

Ítem	Mandolina regulable acero inoxidable	Minimolinillo acero inoxidable	procesador hamilton beach
Depreciación por año	C\$ 161.15	C\$ 219.75	C\$ 527.39

Item	Dep. Mes	Dep. por dia	Dep. Hora
Horno secador	C\$ 1,153.67	C\$ 38.46	C\$ 1.60
Lab sieve 100 mesh 0.154 mm	C\$ 14.039	C\$ 0.47	C\$ 0.02
Lab sieve 70 mesh 0.224 mm	C\$ 15.871	C\$ 0.53	C\$ 0.02
Lab sieve 24 mesh 0.8 mm	C\$ 27.468	C\$ 0.92	C\$ 0.04
Lab sieve 20 mesh 0.9 mm	C\$ 15.260	C\$ 0.51	C\$ 0.02
Mandolina regulable acero inoxidable	C\$ 13.429	C\$ 0.45	C\$ 0.02
Minimolinillo acero inoxidable	C\$ 18.312	C\$ 0.61	C\$ 0.03
procesador hamilton beach	C\$ 43.949	C\$ 1.46	C\$ 0.06

Depreciación de equipos empleados de acuerdo con el uso en horas entre el total de muestras

Item	Valor estimado por uso
Lab sieve 100 mesh 0.154 mm	C\$ 0.0200
Lab sieve 70 mesh 0.224 mm	C\$ 0.0002
Lab sieve 24 mesh 0.8 mm	C\$ 0.0003
Lab sieve 20 mesh 0.9 mm	C\$ 0.0005
Mandolina regulable acero inoxidable	C\$ 0.0003

Depreciación de equipos empleados de acuerdo con el uso en días entre el total de muestras

Item	Valor estimado por uso
Horno secador	C\$ 0.48
procesador hamilton beach	C\$ 0.0015
Total	C\$ 0.5035